ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

JANVIER 1977 — Mensuel — N° 1 — Maandelijks — JANUARI 1977

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

JANVIER 1977 — Mensuel — N° 1 — Maandelijks — JANUARI 1977

ANNALES DES MINES
DE BELGIQUE

n° 1 — janvier 1977

ANNALEN DER MIJNEN
VAN BELGIE

nr. 1 — januari 1977

Direction-Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200, rue du Chéra — TEL. (041) 52 71 50

Sommaire - Inhoud

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES
1050 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL
Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 640 10 40

Dépôt légal : D/1977/0168

Wettelijk Depot : D/1977/0168

Etude des vibrations de tir aux carrières de Quenast

Studie van de trillingen bij massaspringwerk in de groeven van Quenast

R. BRIGODE* et J. BOXHO**

SOMMAIRE

INHOUD

* Chef du Service Etudes-Production à la S.A. des Carrières de Porphyre de Quenast, rue du Faubourg 35, 1381 Quenast.

** Ingénieur Principal à l'INIEX, rue du Chéra 200, 4000 Liège.

** Eerstaanwezend Ingenieur bij het NIEB, rue du Chéra, 200, 4000 Liège.

INHALTSANGABE

SUMMARY

0. *INTRODUCTION*

Le gisement de Quenast et son exploitation ont fait l'objet de publications dans les « Annales des Mines de Belgique ».***

Tout tir en masse engendre des vibrations dans le massif environnant. C'est un fait physique; on ne peut que rechercher les moyens d'en atténuer les effets.

Ceux-ci sont le mieux caractérisés *par la vitesse de la vibration,* et par son évolution suivant les différents facteurs d'influence reconnus :

- variables de position, de configuration du tir;
- variables de charge.

La vibration provoquée par un tir en un point est du type oscillatoire amorti, mais d'allure très complexe. *En chaque point de mesure, lors de tout tir, on a estimé le maximum de la vitesse de vibration; c'est ce maximum qui a été retenu en tant que valeur de la mesure.*

Cette démarche est logique, puisque l'on devait en même temps connaître le niveau du tir par rapport au niveau de sécurité.

Ce maximum V de la vitesse s'obtient par mesure (appareil Wasag) ou par calcul (appareil Tellus) :

0. *INLEIDING*

Over de afzetting van Quenast en de exploitatie ervan zijn reeds publikaties verschenen in de « Annalen der Mijnen van België ».*

Elk massaspringwerk veroorzaakt trillingen in het omringend massief. Dit is een fysisch feit; men kan slechts zoeken naar middelen om de gevolgen ervan te verminderen.

Die gevolgen worden het best gekenmerkt door de *snelheid van de trilling* en door de evolutie hiervan volgens de verschillende erkende invloedsfaktoren :

- variabelen volgens de positie, volgens de opstelling van het schietfront;
- variabelen volgens de lading.

De trilling die door een afvuring in een punt wordt veroorzaakt behoort tot het type gedempte trillingen maar heeft een zeer kompleks gedrag. *Bij elk salvo werd in elk meetpunt het maximum van de trillingssnelheid berekend; dit maximum werd behouden als meetwaarde.*

Deze werkwijze is logisch, daar men tegelijkertijd de intensiteit van het salvo ten opzichte van de veiligheidsmarge moest kennen.

Dit maximum V van de snelheid wordt bekomen door meting (Wasag-apparaat) of door berekening (Tellus-apparaat) :

$$V = 2\pi A \times f \qquad (1)$$

car l'on admet que, durant la période où elle atteint son maximum, la vitesse peut être considérée comme étant sinusoïdale.

A et f sont les valeurs de l'amplitude et de la fréquence de vibration (mesurées par les appareils Tellus) à l'instant où leur produit est maximal. Ces couples sont trouvés par tâtonnement, en lisant les A et les f sur les enregistrements.

Une fois en possession des V calculés, nous avons cherché à vérifier, dans le cas des tirs à la carrière de Quenast, la loi exponentielle proposée et testée par les Américains :

daar men aanneemt dat de snelheid, tijdens de periode waarin ze haar maximum bereikt, als sinusoïdaal kan worden beschouwd.

A en f zijn de waarden van de amplitude en de frekwentie van de trillingen (gemeten door Tellus-apparaten) op het ogenblik dat hun produkt maximaal is. Deze gekoppelde waarden worden geselekteerd door lezing van A en f op de metingen.

Eenmaal in het bezit van de berekende V-waarden, hebben we getracht, aan de hand van het springwerk in de groeve te Quenast, de exponentiële wet die is voorgesteld en getest door de Amerikanen, te toetsen. Deze wet luidt :

$$V = K \cdot \left(\frac{D}{\sqrt{C}}\right)^{-\alpha} \qquad (2)$$

*** — juin 1972 : Problèmes posés par l'exploitation des carrières mécanisées en roches dures, par F. Van Elsen.
— mai 1973 : Evolution des tirs en masse depuis 10 ans aux carrières de Quenast, par R. Brigode.

* — juni 1972 : Problemen bij de uitbating van gemechaniseerde groeven in hard gesteente, door F. Van Elsen.
— mei 1973 : Evolutie van het massaal springwerk gedurende 10 jaar in de groeven van Quenast, door R. Brigode.

dans laquelle :

V = valeur maximale, au cours du tir, de la vitesse de vibration (en mm/s).

K = constante (à déterminer).

D = distance du centre du tir au point observé (en m).

C = charge considérée (totale, ou de la ième volée, ou de la volée la plus chargée...) (en kg).

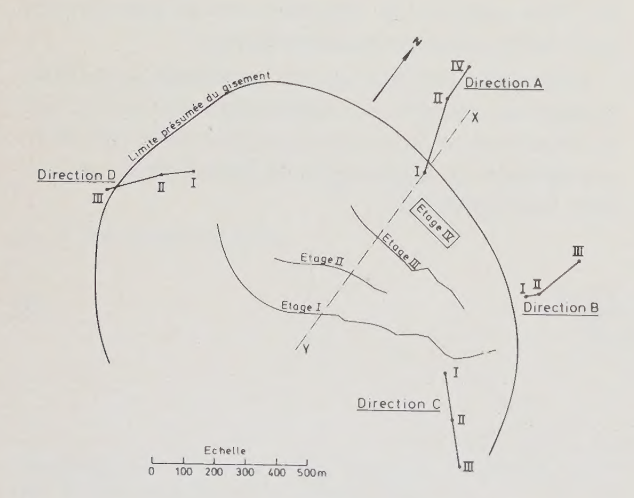
α = exposant $>$ 0 (à déterminer).

Les mesures de vibration au cours d'un grand nombre de tirs (322), se répartissent en fonction de $D/\sqrt{C}$ avec une dispersion plus ou moins importante, selon le facteur d'influence considéré. Cette dispersion résulte de l'action combinée d'un nombre considérable d'éléments très divers (topographie et configuration géométrique du tir, variables des charges, amorçage, conditions géologiques), de l'interaction de certains de ces facteurs et de l'imprécision des appareils de mesures. Or, bon nombre de ces actions ne sont pas chiffrables.

Dans ces conditions, seule la statistique permet d'établir des relations entre vitesse de vibration et certains facteurs d'influence.

Cette étude statistique a été menée suivant 4 alignements approximatifs de 3 ou 4 points de mesure chacun, appelés « directions » (fig. 1) : A, B, C, D.

La figure 1 bis montre une coupe schématique du gisement, sensiblement N-S, passant par le point de mesure A1.



waarin :

V = maximumwaarde, tijdens het salvo, van de trillingssnelheid (in mm/s).

K = konstante (te bepalen).

D = afstand van het springpunt tot het waargenomen punt (in m).

C = beschouwde lading (totale lading, of van de i^e reeks, of van de meest geladen reeks ...) (in kg).

α = exponent $>$ 0 (te bepalen).

De trillingsmetingen die tijdens een groot aantal salvo's (322) zijn verricht, worden ingedeeld in funktie van $D/\sqrt{C}$, met een kleinere of grotere spreiding, naargelang van de beschouwde invloedsfaktor. Deze spreiding vloeit voort uit het samenspel van een groot aantal zeer uiteenlopende elementen (topografie en geometrische opstelling van het schietfront, variabelen volgens de lading, de ontsteking, de geologische omstandigheden), uit de wisselwerking tussen bepaalde van deze faktoren en uit de onnauwkeurigheid van de meetapparaten. Nu is het zo dat vele van deze werkingen niet in cijfers kunnen uitgedrukt worden.

In die omstandigheden maakt enkel de statistiek het mogelijk een verband te leggen tussen de trillingssnelheid en bepaalde invloedsfaktoren.

Voor deze statistische studie werden viermaal telkens 3 of 4 meetpunten op één lijn gezet. Deze benaderende lijnen noemt men « richtingen » (fig. 1) : A, B, C, D.

Figuur 1 bis geeft een schematische doorsnede van de afzetting, duidelijk N-Z gericht, door het meetpunt A1.

Fig. 1 — *Direction - richting.*
Limite présumée du gisement - vermoedelijke omtrek van de afzetting.
Etage - verdieping.

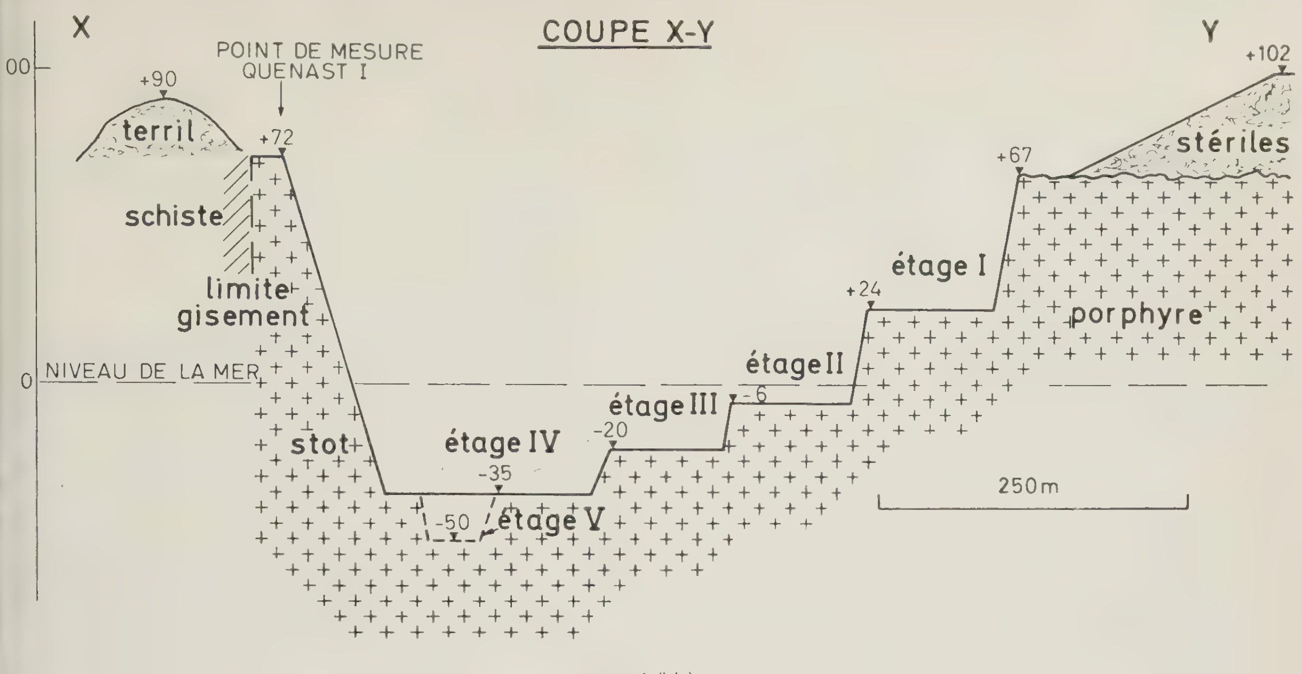


Fig. 1 (bis)

Coupe X-Y - doorsnede X-Y
Point de mesure - meetpunt
Terril - steenberg
Schiste - schiefer
Limite gisement - omtrek afzetting
Niveau de la mer - zeespiegel
Stot - massief
Etage - verdieping
Stériles - afvalstenen
Porphyre - porfier.

1. *ETUDE DES VITESSES MAXIMALES DE VIBRATION*

1.1. *Formule statistique appliquée*

Appelons (fig. 2) x_i, y_i les coordonnées d'une mesure quelconque M :

— x_i = paramètre connu choisi;
— y_i = mesure de la grandeur (en l'occurrence : vitesse de vibration);

soit : $y = Ax_i + B$ (3)

la droite statistique. Elle est établie d'après la méthode des moindres carrés, qui exprime que la somme des carrés des écarts [entre les mesures y_i et la valeur y donnée par la droite (3)] est minimale.

1. *STUDIE VAN DE MAXIMALE TRILLINGSSNELHEDEN*

1.1. *Toegepaste statistische formule*

Nemen we (fig. 2) x_i, y_i als de koördinaten van een willekeurige meting M :

— x_i = gekende parameter die gekozen wordt;
— y_i = meting van de grootheid (in dit geval : trillingssnelheid);

gegeven : $y = Ax_i + B$ (3)

de statistische rechte. Zij werd berekend aan de hand van de methode der kleinste kwadraten die uitdrukt dat de som der kwadraten van de afwijkingen (tussen de metingen y_i en de waarde y die door de rechte (3) wordt gegeven) minimaal is.

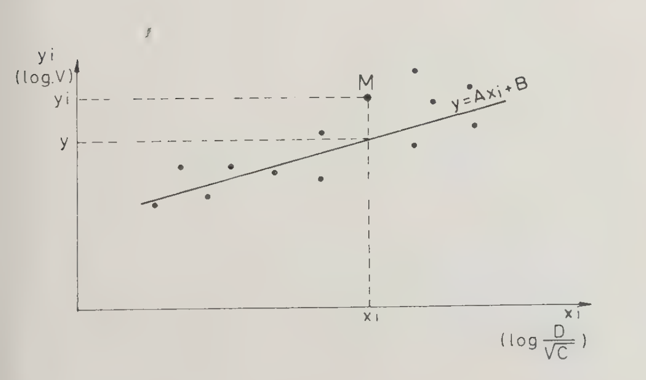


Fig. 2

Cette somme des carrés des écarts vaut :

Deze som der kwadraten van de afwijkingen wordt geschreven als volgt :

$$\Sigma\,(y_i - y)^2 = \Sigma\,[y_i - (Ax_i + B)]^2$$

En développant cette expression et en observant que :

Wanneer men deze formule ontwikkelt en rekening houdt met :

$$\sum_1^n B^2 = n\,B^2 \text{ (}n\text{ étant le nombre de mesures)}$$

(waarin n = het aantal metingen)

on obtient :

bekomt men :

$$\Sigma y_i^2 + A^2\,\Sigma x_i^2 + 2\,AB\,\Sigma x_i + n\,B^2 - 2\,A\,\Sigma x_i y_i - 2\,B\,\Sigma y_i$$

Cette expression sera minimale si ses dérivées partielles (par rapport aux inconnues A et B) sont nulles :

Deze formule is minimaal wanneer de partiële afgeleiden (naar de onbekenden A en B) gelijk zijn aan nul :

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial A} &= 2\,A\,\Sigma x_i^2 + 2\,B\,\Sigma x_i - 2\,\Sigma x_i y_i = 0 \\ \frac{\partial}{\partial B} &= 2\,A\,\Sigma x_i + 2\,n\,B - 2\,\Sigma y_i = 0 \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Les valeurs de A et de B s'obtiennent en résolvant le système (4) ci-dessus.

Door bovenstaand stelsel (4) op te lossen bekomt men de waarden van A en B.

N.B.

1°) Il s'agit bien d'un minimum, car les dérivées secondes sont positives :

N.B.

1°) Het gaat wel degelijk om een minimum, aangezien de tweede afgeleiden positief zijn :

$$\frac{\partial^2}{\partial A^2} = 2\,\Sigma x_i^2 > 0$$

$$\frac{\partial^2}{\partial B^2} = 2\,n > 0$$

2°) Il n'est pas nécessaire de considérer la seconde droite statistique (variation de x pour y_i fixé) car la variable en abscisses x_i est une variable indépendante, d'ailleurs obtenue à partir de mesures de longueur et de charges n'ayant pas d'imprécisions à l'échelle envisagée.

2°) Het is overbodig de tweede statistische rechte (variatie van x bij een gegeven y) te beschouwen, daar de abscisvariabele een onafhankelijke variabele is, die trouwens werd bekomen op basis van metingen van lengten en ladingen die geen afwijkingen vertonen op de beoogde schaal.

Application à la vitesse de vibration

Il faut exprimer la loi américaine (1) sous la forme (3).

Il suffit de passer par les logarithmes :

Toepassing op de trillingssnelheid

De Amerikaanse wet (1) dient uitgedrukt in de vorm (3).

Het volstaat de logaritmen toe te passen :

$$\text{Log. V} = -\,\alpha\,\log.\,\frac{D_i}{\sqrt{C_i}} + \log.\,K$$

Par comparaison de cette expression avec (3), on voit que :

$$\left.\begin{array}{lcl} \log. & V & = y \\ — & \alpha & = A \\ \log. & \frac{D_i}{\sqrt{C_i}} & = x_i \\ \log. & K & = B \end{array}\right\} \quad (5)$$

En introduisant les égalités (5) dans les équations aux conditions (4), on obtient :

$$\left.\begin{array}{l} — \alpha \Sigma (\log. \frac{D_i}{\sqrt{C_i}})^2 + \log. K x \Sigma \log. \frac{D_i}{\sqrt{C_i}} = \Sigma \log. \frac{D_i}{\sqrt{C_i}} x \log. V_i \\ — \alpha \Sigma \log. (\frac{D_i}{\sqrt{C_i}}) + n \log. K = \Sigma \log. V_i \end{array}\right\} \quad (4')$$

Il suffit de résoudre ce système (4′) par rapport à K et α pour connaître la loi

$$V = K. \; (\frac{D}{\sqrt{C}})^{-\alpha}$$

1.2. *Plan de l'étude*

Nous avons étudié la loi de V en fonction de $D/\sqrt{C}$ par « direction » (cfr § 0), par étage d'exploitation et par type de tir :

- tout tir (ou ensemble des tirs),
- les tirs $v + h$ (c'est-à-dire à mines verticales *et* horizontales),
- les tirs v (à mines verticales uniquement),
- les tirs h (à mines horizontales uniquement).

Cette étude a été faite en fonction des différentes charges :

C_{tot}	: charge totale du tir
C_{max}	: charge de la volée la plus chargée
C_{1e}	: charge de la 1e volée
C_{2e}	: charge de la 2e volée
C_{1e+2e}	: charge des 2 premières volées

C_{moy} : charge moyenne $= \dfrac{C_{tot}}{\text{nombre de volées}}$

Certains appareils de mesure furent volontairement placés très près des tirs, en vue de recueillir les valeurs les plus élevées possible des vibrations lors des tirs.

Cette façon de procéder est particulière à un programme de recherche, mais les valeurs obtenues ne sont pas celles que l'on rencontre en dehors de l'exploitation, et notamment dans les zones habitées.

Wanneer men deze formule met (3) vergelijkt, stelt men vast dat :

Door substitutie van deze gelijkheden (5) in de vergelijkingen met de voorwaarden (4), bekomt men :

Het volstaat dit stelsel (4′) op te lossen naar K en α om de wet te kennen :

1.2. *Plan van de studie*

Wij hebben de wet van V in funktie van $D/\sqrt{C}$ bestudeerd per « richting » (cfr § 0), per exploitatieverdieping en per type salvo :

- elk salvo (of het geheel der salvo's),
- de salvo's $v + h$ (d.i. met vertikale *en* horizontale mijnen),
- de salvo's v (met enkel vertikale mijnen),
- de salvo's h (met enkel horizontale mijnen).

Deze studie werd gemaakt in funktie van de verschillende ladingen :

C_{tot}	: totale lading van het salvo
C_{max}	: lading van de meest geladen reeks
C_{1e}	: lading van de eerste reeks
C_{2e}	: lading van de tweede reeks
C_{1e+2e}	: lading van de eerste 2 reeksen

C_{moy} : gemiddelde lading $= \dfrac{C_{tot}}{\text{aantal reeksen}}$

Bepaalde meetapparaten werden met opzet zeer dicht bij de salvo's geplaatst, om de hoogst mogelijke waarden van de trillingen tijdens de salvo's te kunnen opmeten.

Deze werkwijze is eigen aan een researchprogramma, maar de aldus bekomen waarden zal men niet buiten de groeve, met name in de woonzones, aantreffen.

Autrement dit, des valeurs reprises dans les différents tableaux ci-après, on ne sait pas déduire les valeurs enregistrées dans les zones habitées. Le premier but de l'étude était, comme on l'a dit, de déterminer des lois de propagation propres au gisement de Quenast, le second but étant de trouver des indications permettant de réduire — dans la mesure du possible — les vibrations à l'extérieur de la carrière.

1.2.1. *Charge la plus significative*

Nous avons mené une étude préliminaire pour déterminer la charge la plus significative.

Remarque importante : On a constaté assez tôt que les charges C_{2e}, C_{1e} + $_{2e}$, C_{moy}, n'étaient guère significatives.

Par direction et par étage, pour des classes de distances D choisies, nous avons cherché la relation statistique entre les vitesses mesurées V et le rapport :

$$\frac{\text{charge}}{\text{charge minimale de la classe}} = \left(\frac{C}{C_{min}}\right)$$

pour chacune des 3 charges C_{tot}, C_{max}, C_{1e}.

La variable en abscisses étant un nombre pur, nous pouvions ainsi comparer sur un même graphique, relatif à une direction, un étage et une distance, les droites de régression relatives aux 3 charges (fig. 3).

M.a.w., van de gegevens die worden aangeduid in de verschillende hierna volgende tabellen kan men niet de waarden afleiden die in woonzones worden geregistreerd. Zoals gezegd was het doel van de studie in de eerste plaats de voortplantingswetten eigen aan de afzetting van Quenast, te bepalen en in de tweede plaats aanwijzingen te vinden waardoor men de trillingen buiten de groeve — in de mate van het mogelijke — zou kunnen verminderen.

1.2.1. *De meest signifikante lading*

Wij hebben een inleidende studie gemaakt om de meest signifikante lading te bepalen.

Belangrijke opmerking : Reeds vrij vroeg werd vastgesteld dat de ladingen C_{2e}, C_{1e}, C_{moy} weinig signifikant waren.

Per richting en per verdieping, voor gekozen afstandsklassen, hebben wij het statistisch verband gezocht tussen de gemeten snelheden V en de verhouding :

$$\frac{\text{lading}}{\text{minimale lading v.d. klasse}} = \left(\frac{C}{C_{min}}\right)$$

voor elk der 3 ladingen C_{tot}, C_{max}, C_{1e}.

Daar de abscisvariabele een naakt getal is, konden wij aldus op eenzelfde grafiek met betrekking tot een richting, een verdieping en een afstand, de regressielijnen van de 3 ladingen vergelijken (Figuur 3).

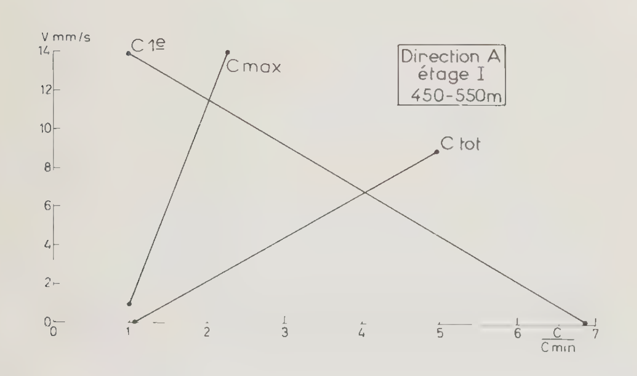


Fig. 3

Direction : richting
Etage : verdieping

Si la charge est significative, V augmente avec C/C_{min} ; la charge la plus significative est celle pour laquelle la croissance de V est la plus rapide.

Pour ces examens, les classes de distances choisies (D ± 10 %) étaient les suivantes :

90 — 110 m // 270 — 330 m // 450 — 550 m // 630 — 770 m.

Le tableau I énumère les droites de régression calculées et le tableau II en déduit, pour chaque cas, la charge trouvée la plus significative. Les droites de régression sont naturellement calculées à partir des mesures disponibles.

Wanneer de lading signifikant is, neemt V toe bij C/C_{min}; de meest signifikante lading is die waarbij V het snelst toeneemt.

Voor dit onderzoek werden de volgende afstandsklassen gekozen (D ± 10 %) :

90 — 110 m // 270 — 330 m // 450 — 550 m // 630 — 770 m.

Tabel I geeft de berekende regressielijnen en tabel II leidt daaruit, voor elk geval, de meest signifikante lading af. De regressielijnen werden natuurlijk berekend op basis van de beschikbare metingen.

TABLEAU I — Relations statistiques entre V et C / C_{min} (à D constante)

TABEL I — Statistisch verband tussen V *en* C / C_{min} *(met konstante* D)

Direction, étage *Directie, verdieping*		C_{tot}	C_{max}	C_{1v}
A				
Etage I *Verdieping*	90 — 110 m			
	270 — 330			
	450 — 550	$V = 2{,}28 \frac{C}{C_{min}} - 2{,}44$	$V = 10{,}36 \frac{C}{C_{min}} - 9{,}38$	$V = - 2{,}34 \frac{C}{C_{min}} + 16{,}21$
	630 — 770	$0{,}26 \frac{C}{C_{min}} + 2{,}04$	$0{,}89 \frac{C}{C_{min}} + 1{,}16$	$- 0{,}31 \frac{C}{C_{min}} + 3{,}32$
Etage II *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330	$10{,}20 \frac{C}{C_{min}} - 7{,}07$	$1{,}55 \frac{C}{C_{min}} + 2{,}64$	$12{,}75 \frac{C}{C_{min}} - 9{,}55$
	450 — 550	$- 1{,}01 \frac{C}{C_{min}} + 5{,}91$	$2{,}28 \frac{C}{C_{min}} - 0{,}74$	$0{,}37 \frac{C}{C_{min}} + 2{,}04$
	630 — 770			
Etage III *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330	$1{,}22 \frac{C}{C_{min}} + 1{,}43$	$0{,}88 \frac{C}{C_{min}} + 2{,}73$	$- 0{,}08 \frac{C}{C_{min}} + 4{,}48$
	450 — 550	$1{,}41 \frac{C}{C_{min}} + 2{,}33$	$5{,}70 \frac{C}{C_{min}} - 1{,}76$	$- 0{,}39 \frac{C}{C_{min}} + 5{,}88$
	630 — 770			
Etage IV *Verdieping*	90 — 110	$0{,}93 \frac{C}{C_{min}} + 7{,}24$	$1{,}85 \frac{C}{C_{min}} + 6{,}55$	$1{,}04 \frac{C}{C_{min}} + 7{,}66$
	270 — 330			
	450 — 550			
	630 — 770			
B				
Etage I *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330	$0{,}17 \frac{C}{C_{min}} + 3{,}49$	$1{,}69 \frac{C}{C_{min}} + 0{,}99$	$- 0{,}32 \frac{C}{C_{min}} + 4{,}52$
	450 — 550			
	630 — 770			
Etage II *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330			
	450 — 550			
	630 — 770			
Etage III *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330	$- 0{,}20 \frac{C}{C_{min}} + 3{,}84$	$2{,}94 \frac{C}{C_{min}} + 0{,}01$	$0{,}05 \frac{C}{C_{min}} + 3{,}83$
	450 — 550	$0{,}11 \frac{C}{C_{min}} + 3{,}30$	$0{,}78 \frac{C}{C_{min}} + 2{,}33$	$1{,}12 \frac{C}{C_{min}} + 0{,}73$
	630 — 770			
Etage IV *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330			
	450 — 550	$- 1{,}47 \frac{C}{C_{min}} + 5{,}09$	$- 1{,}09 \frac{C}{C_{min}} + 4{,}31$	$- 0{,}18 \frac{C}{C_{min}} + 3{,}29$
	630 — 770			

TABLEAU I — Relations statistiques entre V et C / C_{min} (à D constante)

TABEL I — Statistisch verband tussen V en C / C_{min} (met konstante D)

Direction, étage *Directie, verdieping*		C_{tot}	C_{max}	C_{1e}
C Etage I *Verdieping*	90 — 110	$9{,}75\frac{C}{C_{min}} + 3{,}55$	$79{,}98\frac{C}{C_{min}} — 66{,}14$	$12{,}40\frac{C}{C_{min}} — 0{,}95$
	270 — 330	$0{,}63\frac{C}{C_{min}} + 6{,}96$	$— 0{,}93\frac{C}{C_{min}} + 10{,}27$	$0{,}15\frac{C}{C_{min}} + 8{,}26$
	450 — 550	$0{,}46\frac{C}{C_{min}} + 2{,}36$	$1{,}29\frac{C}{C_{min}} + 0{,}58$	$0{,}61\frac{C}{C_{min}} — 0{,}04$
	630 — 770			
Etage II *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330	$— 3{,}59\frac{C}{C_{min}} + 8{,}80$	$3{,}14\frac{C}{C_{min}} — 0{,}62$	$2{,}30\frac{C}{C_{min}} — 1{,}18$
	450 — 550			
	630 — 770			
Etage III *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330			
	450 — 550			
	630 — 770			
Etage IV *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330			
	450 — 550			
	630 — 770			
D Etage I *Verdieping*	90 — 110			
	270 — 330	$— 0{,}51\frac{C}{C_{min}} + 6{,}46$	$0{,}69\frac{C}{C_{min}} + 4{,}24$	$0{,}84\frac{C}{C_{min}} + 2{,}70$
	450 — 550			
	630 — 770			

TABLEAU II — Charge la plus significative

TABEL II — De meest signifikante lading

Classe de distances *Afstands-klasse* (m)	Directions - *Richting*													
	A				B				C				D	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	
90 — 110				C_{max}					C_{max}					
270 — 330		(C_{1e})*	C_{tot}		C_{max}		C_{max}		C_{tot}	C_{max}			C_{max}	
450 — 550	C_{max}	C_{max}	C_{max}				C_{1e}	(5 pts)	C_{max}					
630 — 770	C_{max}													

* 4 mesures
4 metingen

1°) Sur 16 comparaisons (tableau II), la vitesse de vibration a varié le plus nettement avec :

C_{max} dans 11 cas
C_{tot} dans 2 cas
C_{1e} dans 2 cas (dont 1 comportait seulement 4 mesures).

2°) La relation $V = f\left(\frac{C_{max}}{(C_{max})min}\right)$ est illogique (V diminue si C_{max} augmente dans 2 cas (tableau I) :

— Direction B — étage IV — 450 — 550 m.
On ne disposait que de 5 mesures. D'ailleurs, les relations en fonction de C_{tot} et de C_{1e} sont illogiques aussi.

— Direction C — étage I — 270 — 330 m.
Ici par contre, les 2 autres relations sont logiques.

3°) La relation $V = f\left(\frac{C_{tot}}{(C_{tot})min}\right)$ est illogique dans 5 cas (tableau I).
A II 450 — 550 / / B III 270 — 330 / / B IV 450 — 550 / / C II 270 — 330 / / D I 270 — 330.
On retrouve B IV 450 — 550.

4°) La relation $V = f\left(\frac{C_{1e}}{(C_{1e})min}\right)$ est illogique dans 6 cas, dont B IV 450 — 550.

Conclusion

C_{max} apparaît comme étant la charge la plus significative. Cette propriété s'est d'ailleurs vérifiée aux différents endroits de mesure que nous allons passer en revue. Il est à noter que cette conclusion est conforme à la plupart des recherches en la matière, tant en Belgique qu'à l'étranger.

2. *DISCUSSION DES RESULTATS*

2.0. *Généralités*

Remarque importante

Il faut bien se convaincre du fait que les relations statistiques trouvées expriment des valeurs moyennes. Il ne faut pas prétendre en déduire des limites imposables en toute généralité aux diverses charges, selon, par exemple, la direction et la distance.

1°) Op 16 vergelijkingen (tabel II) varieerde de trillingssnelheid het duidelijkst bij :

C_{max} in 11 gevallen
C_{tot} in 2 gevallen
C_{1e} in 2 gevallen (waarvan 1 slechts 4 metingen omvatte).

2°) De betrekking $V = f\left(\frac{C_{max}}{(C_{max})min}\right)$ gaat niet op

(V vermindert bij toename van C_{max} in 2 gevallen (tabel I) :

— Richting B — verdieping IV — 450 — 550 m.
Men beschikte slechts over 5 metingen. De betrekkingen met C_{tot} en C_{1e} gaan trouwens ook niet op.

— Richting C — verdieping I — 270 — 330 m.
Daarentegen zijn in dit geval de twee andere betrekkingen wel logisch.

3°) De betrekking $V = f\left(\frac{C_{tot}}{(C_{tot})min}\right)$ gaat niet op in 5 gevallen (tabel I)
A II 450 — 550 / / B III 270 — 330 / / B IV 450 — 550 / / C II 270 — 330 / / D I 270 — 330.
Men treft ook hier B IV 450 — 550 aan.

4°) De betrekking $V = f\left(\frac{C_{1e}}{(C_{1e})min}\right)$ gaat niet op in 6 gevallen, waaronder ook weer B IV 450 — 550.

BESLUIT

C_{max} blijkt de meest signifikante lading te zijn. Dit wordt trouwens bevestigd op de verschillende meetpunten waarvan wij een overzicht zullen geven. Het dient vermeld dat dit besluit overeenstemt met de meeste opzoekingen die op dit gebied zijn verricht, zowel in België als in het buitenland.

2. *BESPREKING VAN DE RESULTATEN*

2.0. *Algemeen*

Belangrijke opmerking

Men dient er wel rekening mee te houden dat de statistische verhoudingen die werden gevonden, gemiddelde waarden uitdrukken. Daaruit kunnen geenszins grenswaarden worden afgeleid die algemeen van toepassing zouden zijn op de verschillende ladingen, bijvoorbeeld volgens de richting en de afstand.

Le tableau III donne la répartition des mesures suivant la direction, l'étage, la charge étudiée et le type de tir (dans l'ordre : *v* + *h*, *v*, *h*, ensemble). L'explosif utilisé est un slurry (l'Irémite) ou un mélange de dynamite et de nitrate-fuel; on n'a pas constaté de différence statistiquement significative entre les différents explosifs.

Le tableau IV rassemble les variations des différents paramètres des tirs. Nous rappelons que les vitesses enregistrées furent dans certains cas obtenues dans des conditions inhabituelles à cause de la très faible distance voulue entre les capteurs et les tirs (voir remarque § 12).

Tabel III geeft de indeling van de metingen volgens de richting, de verdieping, de beschouwde lading en het type van de salvo's (in volgorde : *v* + *h*, *v*, *h*, geheel der salvo's). Als springstof werd een slurry (Iremiet) gebruikt of een mengsel van dynamiet en nitraat-fuel; er werd geen statistisch signifikant verschil vastgesteld tussen de verschillende springstoffen.

Tabel IV geeft de variaties van de verschillende parameters van de salvo's. Wij herinneren eraan dat de opgetekende snelheden in sommige gevallen in ongebruikelijke omstandigheden werden gemeten, als gevolg van de zeer kleine afstand tussen het salvo en het ontvangtoestel (zie opmerking § 12).

TABLEAU III — Répartition des nombres de mesures

TABEL III — Indeling van het aantal metingen

		C_{max} (1)				C_{tot}, C_{le} (2)			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Etage I / *Verdieping*	*v* + *h*	8	12	19	3	4	8	14	2
	v	6	16	36	12	2	11	19	8
	h	12	10	12	19	4	7	12	8
		26	38	67	34	10	26	45	18
II		29	14	18	10	13	10	11	4
		14	9	7	1	4	8	2	0
		0	2	0	0	0	2	0	0
		43	25	25	11	17	20	13	4
III		63	33	8	0	39	33	7	
		29	1	0	1	3	1	0	
		4	3	0	1	0	0	0	
		96	37	8	2	42	34	7	
IV		19	5			12	4		
		25	0			3	0		
		4	0			1	0		
		48	5			16	4		
Total / *Totaal*	*v* + *h*	119	64	45	13	68	55	32	6
	v	74	26	43	14	12	20	21	8
	h	20	15	12	20	5	9	12	8
		213	105	100	47	85	84	65	22

(1) 322 tirs — *322 salvo's.*

(2) 85 tirs — *85 salvo's.*

TABLEAU IV — Variation des paramètres (ensemble des 322 tirs)
dans le cas des mesures non nulles

TABEL IV — Variatie van de parameters (geheel der 322 salvo's)
voor de niet-nulmetingen

Direction Etage *Richting* *Verdieping*	V	D (1)	C_{tot}	C_{max}	C_{1e}	$\frac{D}{\sqrt{C_{max}}}$
	mm/s	m	Kg	Kg	Kg	
A						
I	0,50 — 20,30	218 — 730	300 — 11.047	205 — 730	63 — 581	9,91 — 42,15
II	0,33 — 15,20	90 — 562	706 — 9.552	204 — 531	130 — 481	5,40 — 38,30
III	0,97 — 15,87	147 — 482	440 — 3.155	105 — 373	17 — 303	6,15 — 40,74
IV	2,50 — 19,15	82 — 395	220 — 3.177	66 — 384	18 — 210	5,00 — 28,52
B						
I	0,87 — 65,10	120 — 850	1.022 — 6.875	205 — 845	175 — 525	5,45 — 26,89
II	0,90 — 27,35	55 — 515	1.167 — 4.522	204 — 531	154 — 405	4,41 — 28,75
III	1,80 — 6,60	95 — 570	750 — 4.091	108 — 275	31,5 — 202	10,14 — 39,88
IV	2,19 — 4,90	440 — 467	1.057 — 2.834	96 — 324	52 — 214	25,00 — 44,91
C						
I	0,91 — 72,40	50 — 560	960 — 11.047	240 — 1.050	110 — 643,5	2,32 — 27,58
II	1,04 — 19,00	152 — 960	1.922 — 9.552	204 — 531	129 — 345	7,61 — 54,88
III	1,55 — 7,90	205 — 460	1.026 — 2.438	128 — 252	44 — 134,5	16,52 — 40,66
D						
I	0,50 — 29,90	107 — 592	910 — 5.900	300 — 795	80 — 795	5,02 — 30,72
II	0,52 — 21,44	360 — 525	2.274 — 9.952	204 — 457	89,5 — 392	18,89 — 28,36

(1) Les distances minimales indiquées se rapportent à des points de mesure situés directement sur le gisement ou à la limite de celui-ci; ces mesures ne concernent donc que la carrière.

De aangeduide minimum-afstanden hebben betrekking op meetpunten die op de afzetting of op de grens ervan gelegen zijn; deze metingen gelden dus enkel voor de groeve.

Le tableau V énumère les relations statistiques obtenues. Nous en avons extrait le tableau VI qui indique si la réponse en fonction de $D/\sqrt{C}$ (loi américaine) est logique (L) ou non (N). On peut voir, d'après ce tableau, que, lorsque le nombre et l'alignement des points de mesure permettent de tracer la droite de régression, la réponse des mesures est logique dans les cas suivants par rapport au nombre total des cas (tableau VII).

2.1. *Direction A*

2.1.1. *Etage I*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont jamais dépassé 20,3 mm/s, pour des charges C_{tot} et C_{max} allant respectivement jusqu'à 11.047 kg et 730 kg, et à des distances comprises entre 218 et 730 m.

2°) a) Pour l'ensemble des tirs (tableau VI), les vitesses mesurées répondent logiquement par rapport à C_{max} et à C_{tot}, mais non C_{1e}.

b) Pour les tirs (*v* + *h*), la réponse est logique par rapport à C_{max} et illogique pour C_{tot} (4 points seulement).

Tabel V duidt het statistisch verband aan dat werd gevonden. Daaruit hebben wij tabel VI afgeleid, die aantoont of de betrekking van de gemeten waarden in funktie van $D/\sqrt{C}$ (Amerikaanse wet) logisch is (L) of niet (N). Daaruit blijkt dat, wanneer men op basis van het aantal en het op één lijn stellen van de meetpunten de regressielijn kan trekken, de betrekkingen logisch zijn in de volgende gevallen ten opzichte van het totaal aantal gevallen (tabel VII).

2.1. *Richting A*

2.1.1. *Verdieping I*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 20,3 mm/s voor ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 11.047 kg en 730 kg wogen en bij afstanden tussen 218 en 730 m.

2°) a) Voor het geheel der salvo's (tabel VI) beantwoorden de gemeten snelheden logisch bij C_{max} en C_{tot}, maar niet bij C_{1e}.

b) Voor de salvo's (*v* + *h*) is de betrekking logisch bij C_{max} en gaat ze niet op bij C_{tot} (slechts 4 punten).

TABLEAU V — Relations statistiques entre V et $D/\sqrt{C}$ (représenté par p), pour les différentes charges et les différents tirs (v + h, v, h) (1)

TABEL V — Statisch verband tussen V en $D/\sqrt{C}$ (voorgesteld door p), voor de verschillende ladingen en de verschillende salvo's (v + h, v, h)

Direction *Richting*	Etage *Verdieping*	C_{tot}	C_{max} (2)	C_{ir}
A	I	(4 points) *punten* (2 points) *punten* (4 points) *punten* } $3{,}74\ p^{-0{,}21}$ (3)	$176{,}12\ p^{-1{,}29}$ $2{,}18\ p^{-0{,}06}$ $3.084{,}18\ p^{-2{,}18}$	$0{,}31\ p^{0{,}58}$(3)
	II	$8{,}03\ p^{-0{,}67}$ (4 points) *punten* (0 point) *punt* } $0{,}48\ p^{0{,}77}$	$409{,}64\ p^{-1{,}62}$ $83{,}94\ p^{-1{,}10}$ (0 point) *punt*	$10{,}61\ p^{-0{,}48}$ } $515{,}2\ p^{-1{,}54}$
	III	$6{,}12\ p^{-0{,}12}$ (3 points) *punten* (0 point) *punt* } $6{,}02\ p^{-0{,}12}$	$8{,}32\ p^{-0{,}21}$ $58{,}97\ p^{-0{,}92}$ $1{,}17\ p^{0{,}63}$ (4 points) *punten*	$2{,}16\ p^{0{,}21}$
	IV	$40{,}08\ p^{-1{,}15}$ (3 points) *punten* (1 point) *punt* } $28{,}18\ p^{-0{,}87}$	$141{,}25\ p^{-1{,}19}$ $86{,}33\ p^{-1{,}01}$ $3{,}43\ p^{0{,}22}$ (4 points) *punten*	$212{,}2\ p^{-1{,}14}$ } $129{,}5\ p^{-0{,}99}$
B	I	$6{,}00\ p^{-0{,}42}$ $204{,}80\ p^{-2{,}15}$ $43{,}13\ p^{-1{,}17}$ } $48{,}60\ p^{-1{,}41}$	$228{,}62\ p^{-1{,}46}$ $1.009{,}52\ p^{-2{,}10}$ $102{,}15\ p^{-1{,}10}$	$4{,}34\ p^{-0{,}13}$ $501{,}80\ p^{-1{,}68}$ $64{,}13\ p^{-0{,}87}$ } $23{,}89\ p^{-0{,}61}$
	II	$116{,}70\ p^{-1{,}68}$ $32{,}68\ p^{-0{,}85}$ (2 points) *punten* } $43{,}66\ p^{-1{,}11}$	$4{,}19\ p^{0{,}283}$ $100{,}80\ p^{-1{,}15}$ (2 points) *punten*	$1.458{,}00\ p^{-1{,}75}$ $73{,}13\ p^{-0{,}83}$ } $89{,}97\ p^{-0{,}88}$
	III	$8{,}12\ p^{-0{,}34}$ (1 point) *punt* (0 point) *punt* } $8{,}12\ p^{-0{,}34}$	$10{,}86\ p^{-0{,}33}$ (1 point) *punt* (3 points) *punten*	$6{,}62\ p^{-0{,}13}$ } $6{,}62\ p^{-0{,}13}$
	IV	$0{,}10\ p^{1{,}51}$ (0 point) *punt* (0 point) *punt* } $0{,}10\ p^{1{,}51}$ (4 points) *punten*	$4{,}27\ p^{-0{,}12}$ (0 point) *punt* (0 point) *punt*	$1{,}06\ p^{+0{,}31}$ } $1{,}06\ p^{+0{,}31}$

TABLEAU V — Relations statistiques entre V et $D/\sqrt{C}$ (représenté par p), pour les différentes charges et les différents tirs (v + h, v, h) (1)

TABEL V — Statisch verband tussen V en $D/\sqrt{C}$ (voorgesteld door p), voor de verschillende ladingen en de verschillende salvo's (v + h, v, h)

Direction *Richting*	Etage *Verdieping*	C_{tot}	C_{max} (2)	C_{1e}
C	I	$24,40\ p^{-0.93}$ $38,38\ p^{-1.23}$ $36,93\ p^{-0.89}$ } $29,80\ p^{-0.98}$	$102,44\ p^{-1.03}$ $214,90\ p^{-1.41}$ $107,48\ p^{-1.14}$	$47,86\ p^{-0.67}$ $124,10\ p^{-1.19}$ $92,15\ p^{-0.88}$ } $72,49\ p^{-0.88}$
	II	$22,30\ p^{-0.66}$ (2 points) *punten* (0 point) *punt* } $21,38\ p^{-0.63}$	$55,95\ p^{-0.82}$ $67,24\ p^{-1.05}$ (0 point) *punt*	$35,36\ p^{-0.52}$ } $33,16\ p^{-0.51}$
	III	$11,00\ p^{-0.78}$ (0 point) *punt* (0 point) *punt* } $11,00\ p^{-0.78}$	$0,266\ p^{0.79}$ (0 point) *punt* (0 point) *punt*	$22,38\ p^{-0.64}$ } $22,38\ p^{-0.64}$
D	I	(2 points) *punten* $42,19\ p^{-1.35}$ $58,39\ p^{-1.33}$ } $33,94\ p^{-1.14}$	(3 points) *punten* $260,69\ p^{-1.53}$ $771,88\ p^{-1.89}$	$262,10\ p^{-1.48}$ $108,90\ p^{-1.14}$ } $149,40\ p^{-1.27}$
	II	(4 points) *punten* (0 point) *punt* (0 point) *punt*	$1,52\ .\ 10^{6}\ .\ p^{-3.4}$ (1 point) *punt* (0 point) *punt*	

(1) v + h = tir avec mines verticales et horizontales (à chaque étage : 1e ligne)
salvo met vertikale en horizontale mijnen (op elke verdieping : 1ste lijn)

v = tir avec mines verticales seules (à chaque étage : 2e ligne)
salvo met enkel vertikale mijnen (op elke verdieping : 2de lijn)

h = tir avec mines horizontales seules (à chaque étage : 3e ligne)
salvo met enkel horizontale mijnen (op elke verdieping : 3de lijn).

(2) Les équations concernent *De vergelijkingen betreffen* : pour la C_{max}, les 322 tirs recensés
voor C_{max} de 322 salvo's
: pour les autres charges, les 85 premiers tirs enregistrés
voor de andere ladingen, de eerste 85 geregistreerde salvo's.

(3) Ces équations représentent l'ensemble des tirs.
Deze vergelijkingen slaan op het geheel der salvo's.

TABLEAU VI — Réponse des mesures à la loi américaine

TABEL VI — Overeenstemming van de metingen met de Amerikaanse wet

Type du tir *Soort salvo*	Etage I *Verdieping*			Etage II *Verdieping*			Etage III *Verdieping*			Etage IV *Verdieping*			Direction *Richting*
	C_{max}	C_{tot}	C_{1e}	C_{max}	C_{tot}	C_{1e}	C_{max}	C_{tot}	C_{1e}	C_{max}	C_{tot}	C_{1e}	
Ensemble des tirs *Geheel der salvo's*	L	L	N	L	N	L	(L)	L	N	(L)	L	L	A
v + h	L	(N)		L	L	L	L	L	N	L	L	L	
v	L			L			L			L			
h	L	(L)					N (4 pts)			N (4 pts)			
Ensemble des tirs *Geheel der salvo's*	L	L	L	(L)	L	L	L	L	L	N	N		B
v + h	L	L	L	N	L	L	L	L	L	L			
v	L	L	L	L	L	L							
h	L	L	L										
Ensemble des tirs *Geheel der salvo's*	L	L	L	L	L	L	N	L	L				C
v + h	L	L	L	L	L	L	N	L	L				
v	L	L	L	L									
h	L	L	L										
Ensemble des tirs *Geheel der salvo's*	L	L	L	L									D
v + h				L									
v	L	L	L										
h	L	L	L										

TABLEAU VII — *TABEL VII*

Charge *Lading*	Total *Totaal*	Etages *Verdieping*				Directions *Richting*			
		I	II	III	IV	A	B	C	D
C_{max} (1)	23/27	11/11	6/7	3/5	3/4	9/11	6/7	5/6	3/3
C_{tot}	17/18	9/10	4/4	3/3	1/1	4/5	6/6	5/5	2/2
C_{1e}	16/18	8/9	4/4	3/3	1/2	3/4	6/7	5/5	2/2

(1) pour C_{max} : 322 tirs
Pour C_{tot} et C_{1e} : les 85 premiers tirs

(1) *Voor* C_{max} : 322 salvo's
Voor C_{tot} en C_{1e} : de eerste 85 salvo's.

c) Les tirs *v* et *h* répondent logiquement par rapport à C_{max}.

3°) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, *la vitesse moyenne de vibration est la plus élevée pour les tirs horizontaux h,* et la plus faible pour les tirs verticaux *v* (fig. 4).

4°) La décroissance de V en fonction de $D/\sqrt{C}$ (tableau V) est la plus forte pour C_{max}, surtout pour les tirs horizontaux *h*.

5°) Lorsque l'on calcule la vitesse V à partir du tableau V, pour une charge, et que le résultat est anormal par rapport à la mesure, l'anomalie subsiste pour les autres charges.

c) Voor de salvo's *v* en *h* is de betrekking logisch bij C_{max}.

3°) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, is de gemiddelde trillingssnelheid het hoogst bij de horizontale salvo's *h* en het laagst bij de vertikale salvo's *v* (fig. 4).

4°) De daling van V in funktie van $D/\sqrt{C}$ (tabel V) is het sterkst bij C_{max}, vooral bij de horizontale salvo's *h*.

5°) Zo men, voor één lading, de snelheid V berekent op basis van tabel V, en een resultaat bekomt dat niet strookt met de meting, zal de anomalie ook voor de andere ladingen gelden.

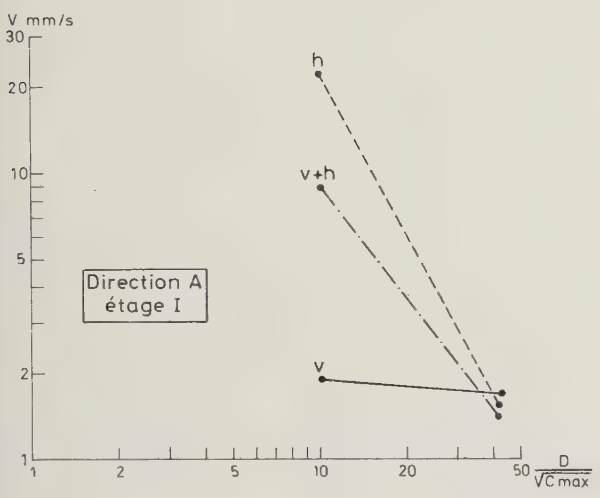


Fig. 4

Direction : richting
Etage : verdieping

2.1.2. *Etage II*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont jamais dépassé 15,2 mm/s, pour des C_{tot} et des C_{max} allant respectivement jusqu'à 9.552 kg et 531 kg, et ce, à des distances comprises entre 90 et 562 m.

2°) a) Pour l'ensemble des tirs (tableau VI), les vitesses mesurées répondent logiquement par rapport à C_{max} et à C_{1e}, mais non par rapport à C_{tot}.

Pour l'ensemble des étages I et II, la réponse n'est logique que par rapport à C_{max}.

b) Les tirs (*v* + *h*), majoritaires (tableau III : 29 sur 43 pour C_{max}, 13 sur 17 pour les autres charges), répondent logiquement pour les 3 charges.

c) Les tirs *v* répondent logiquement par rapport à C_{max}.

d) Il n'y a pas de tir *h*.

3°) a) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, la vitesse moyenne est plus élevée pour les tirs (*v* + *h*) que pour les tirs *v* (il n'y a pas de tir *h*), sauf aux très fortes valeurs de $D/\sqrt{C_{max}}$ (tableau V et fig. 5).

2.1.2. *Verdieping II*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 15,2 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 9.552 kg en 531 kg wogen en bij afstanden tussen 90 en 562 m.

2°) a) Voor het geheel der salvo's (tabel VI) beantwoorden de gemeten snelheden logisch bij C_{max} en C_{1e}, maar niet bij C_{tot}.

Voor het geheel der verdiepingen I en II gaat de betrekking slechts op bij C_{max}.

b) De salvo's (*v* + *h*), het grootst in aantal (tabel III : 29 op 43 bij C_{max}, 13 op 17 bij de andere ladingen) beantwoorden logisch bij de 3 ladingen.

c) Voor de salvo's *v* is de betrekking logisch bij C_{max}.

d) Hier zijn geen salvo's *h*.

3°) a) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$ is de gemiddelde snelheid hoger bij de salvo's (*v* + *h*) voor de salvo's *v* (er zijn geen salvo's *h*), behalve bij de zeer hoge waarden van $D/\sqrt{C_{max}}$ (tabel V en fig. 5).

b) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, choisie dans le domaine commun aux étages (9,91 — 28,52), la vitesse moyenne pour les tirs ($v + h$) (fig. 6) est un peu plus faible qu'à l'étage I (sauf pour $D/\sqrt{C_{max}}$ petits). C'est l'inverse pour les tirs v (fig. 7) et l'écart est plus grand.

4°) La décroissance de la vitesse suivant $D/\sqrt{C}$ (tableau V) est la plus forte pour C_{max}, et les tirs ($v + h$), puis pour C_{1e} et l'ensemble des tirs.

2.1.3. *Etage III*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont pas dépassé 15,9 mm/s pour des C_{tot} et des C_{max} allant respectivement jusqu'à 3.155 kg et 373 kg, et ce, à des distances comprises entre 147 et 482 m.

2°) Les points se groupent davantage en nuage qu'aux étages I et II.

a) Pour l'ensemble des tirs (tableau VI) les vitesses mesurées répondent logiquement pour C_{max} et C_{tot}, mais non pour C_{1e} (comme à l'étage I).

Pour l'ensemble des étages I à III, la réponse n'est logique que par rapport à C_{max}.

b) Si l'on divise les tirs en 2 groupes, on constate que les tirs plus éloignés provoquent une vitesse plus élevée que les tirs dans la partie du front sud près du point de mesure A1.

c) Les tirs ($v + h$), majoritaires (tableau III : 63 sur 96 pour C_{max}, 39 sur 42 pour les autres charges) répondent logiquement pour les 3 charges, comme à l'étage II.

d) Les tirs v sont logiques pour C_{max}, comme aux étages I et II.

e) Pour les tirs h, contrairement à l'étage I, la réponse n'est pas logique pour C_{max}; mais on ne dispose que de 4 mesures.

3°) a) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$ (tableau V et figure 9), les vitesses moyennes sont plus faibles pour les tirs ($v + h$) que pour les tirs v aux faibles valeurs de $D/\sqrt{C_{max}}$ et inversément.

Pour $D/\sqrt{C_{max}}$ *assez grand, elles sont les plus élevées pour les tirs h.*

b) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, choisie dans le domaine commun aux étages :

— pour les tirs ($v + h$) (fig. 6) et pour les tirs h (fig. 8), la vitesse moyenne varie d'un étage à l'autre suivant un ordre des étages qui dépend de $D/\sqrt{C_{max}}$;
— *pour les tirs v au contraire, la vitesse moyenne augmente chaque fois d'un étage à l'étage plus profond* (fig. 7).

4°) La décroissance de la vitesse suivant $D/\sqrt{C}$ est la plus rapide pour C_{max} et les tirs v (tableau V).

b) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, gekozen op het gemeenschappelijk gebied van de verdiepingen (9,91 — 28,52), is de gemiddelde snelheid bij de salvo's ($v + h$) (fig. 6) een weinig lager dan op verdieping I (behalve wanneer $D/\sqrt{C_{max}}$ klein is).

Het omgekeerde geldt voor de salvo's v (fig. 7); daar is het verschil ook groter.

4°) De daling van V in funktie van $D/\sqrt{C}$ (tabel V) is het sterkst bij C_{max} en de salvo's ($v + h$), vervolgens bij C_{1e} en het geheel der salvo's.

2.1.3. *Verdieping III*

1°) Volgens tabel IV, is de snelheid nooit hoger geweest dan 15,9 mm/s voor ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 3.155 kg en 373 kg wogen en bij afstanden tussen 147 en 482 m.

2°) De punten sluiten zich hier meer in een wolk aaneen dan op de verdiepingen I en II.

a) Bij het geheel der salvo's (tabel VI) beantwoorden de gemeten snelheden logisch bij C_{max} en C_{tot}, maar niet bij C_{1e} (zoals op verdieping I).

Voor het geheel der verdiepingen I tot III gaat de betrekking slechts op bij C_{max}.

b) Wanneer men de salvo's in twee groepen indeelt, stelt men vast dat de salvo's op grote afstand een hogere snelheid veroorzaken dan de salvo's op het gedeelte van het zuidelijk schietfront dat dichtbij het meetpunt A1 is gelegen.

c) De salvo's ($v + h$), het grootst in aantal, (tabel III : 63 op 96 bij C_{max}, 39 op 42 bij de andere ladingen) beantwoorden logisch bij de 3 ladingen, zoals op verdieping II.

d) De salvo's v beantwoorden logisch bij C_{max}, zoals op de verdiepingen I en II.

e) Voor de salvo's h gaat de betrekking, in tegenstelling tot verdieping I, niet op bij C_{max}; men beschikt echter slechts over 4 metingen.

3°) a) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$ (tabel V en figuur 9), is de gemiddelde snelheid lager bij de salvo's ($v + h$) dan bij de salvo's v, wanneer de waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$ gering is en omgekeerd.

Bij een vrij hoge waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$ *is de snelheid het hoogst bij de salvo's h.*

b) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, gekozen op het gemeenschappelijk gebied van de verdiepingen, zien we het volgende :

— bij de salvo's ($v + h$) (fig. 6) en bij de salvo's h (fig. 8), varieert de gemiddelde snelheid van verdieping tot verdieping, naargelang van de volgorde van de verdiepingen, die afhangt van $D/\sqrt{C_{max}}$;
— *bij de salvo's v, daarentegen, neemt de gemiddelde snelheid telkens toe naarmate de verdieping lager gelegen is (fig. 7).*

4°) De daling van de snelheid volgens $D/\sqrt{C}$ is het snelst bij C_{max} en de salvo's v (tabel V).

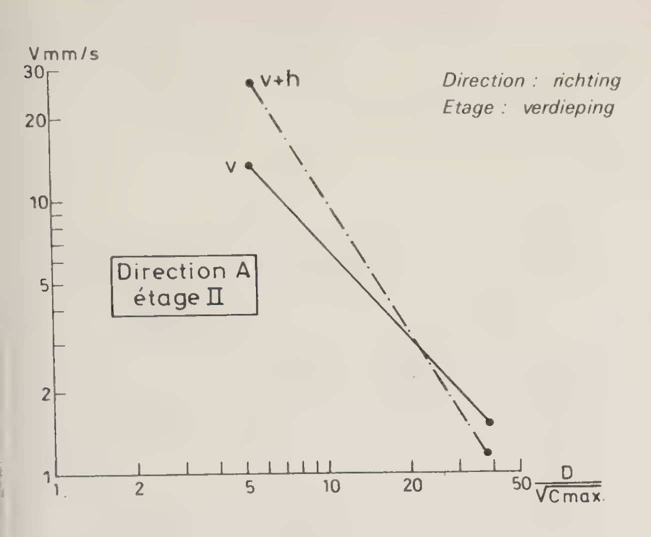


Fig. 5

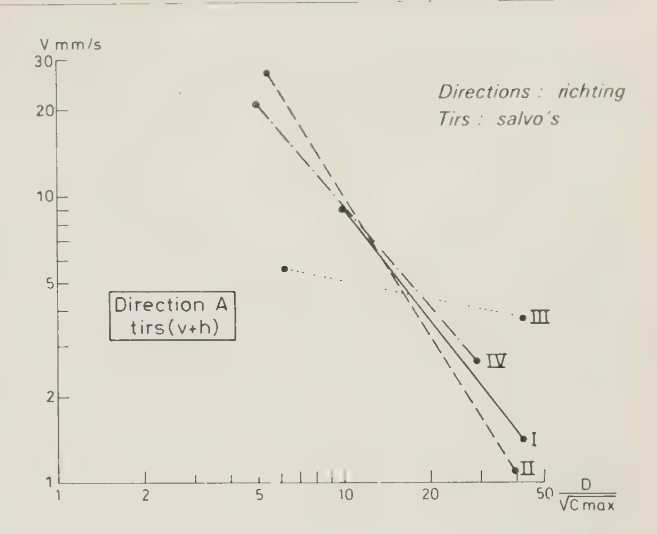


Fig. 6

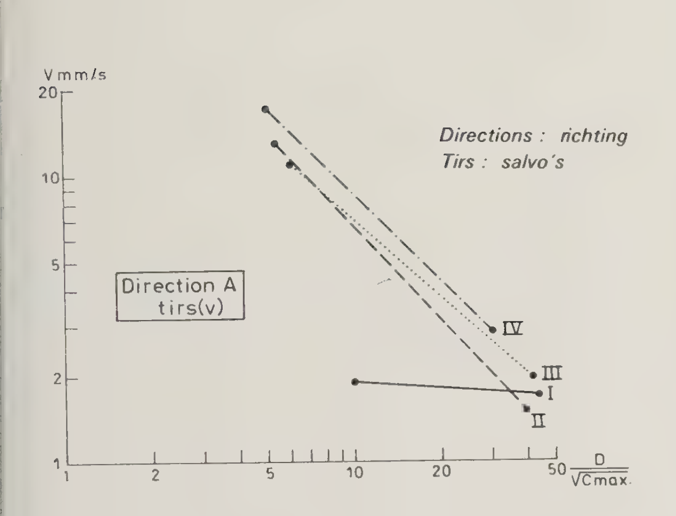


Fig. 7

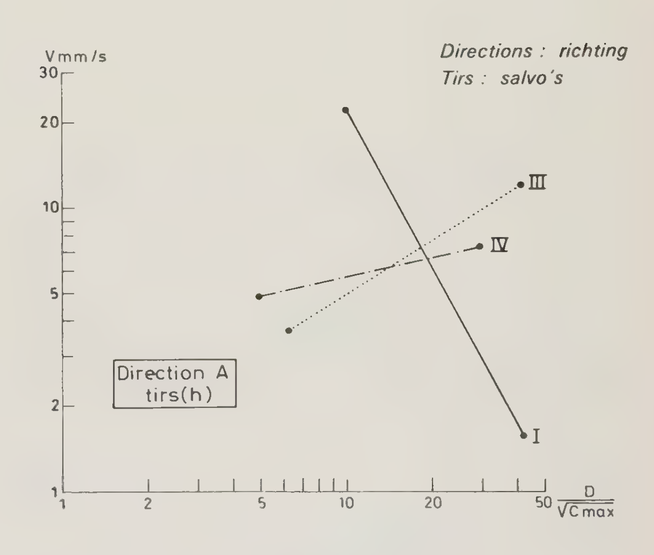


Fig. 8

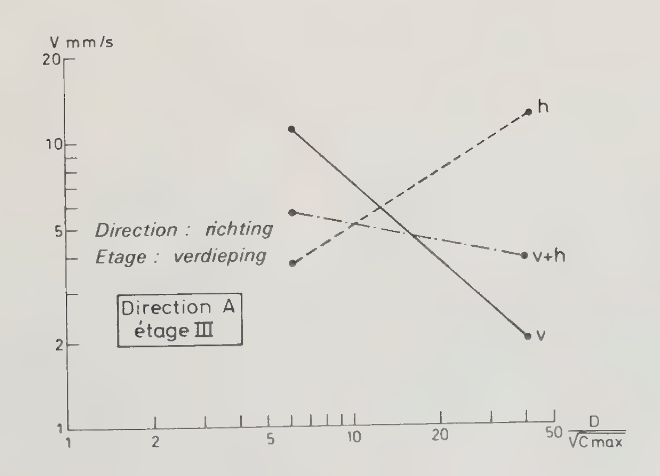


Fig. 9

5°) Si, pour un $D/\sqrt{C}$ donné, on calcule à partir de la formule, une vitesse moyenne V anormale par rapport à la mesure, celle-ci reste anormale quelle que soit la charge envisagée.

5°) Berekent men, bij een gegeven $D/\sqrt{C}$, aan de hand van de formule, een gemiddelde snelheid V die niet strookt met de meting, dan zal dit gelden voor alle ladingen.

2.1.4. *Etage IV*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont pas dépassé 19,2 mm/s pour des C_{tot} et des C_{max} allant respectivement jusqu'à 3.177 kg et 384 kg, et ce, à des distances comprises entre 82 et 395 m.

2°) a) Pour l'ensemble des tirs, les mesures de vitesses (tableau VI) répondent logiquement par rapport aux 3 charges.

Pour l'ensemble des étages, la réponse de l'ensemble des tirs n'est logique que par rapport à C_{max}.

b) Les tirs ($v + h$) font de même, comme aux étages II et III.

c) Les tirs v répondent logiquement pour C_{max} comme aux autres étages (ils sont majoritaires; pour C_{max} : 25 sur 48, contre 3 sur 16 pour les autres charges).

d) Pour les tirs h, la réponse n'est pas logique pour C_{max}, comme à l'étage III, et contrairement à l'étage I (seulement 4 mesures).

3°) a) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$ (tableau V et fig. 10), les vitesses moyennes des tirs ($v + h$) sont très proches de celles des tirs v. Leurs vitesses sont plus élevées que celles des tirs h si $D/\sqrt{C_{max}}$ est petit, et inversément.

2.1.4. *Verdieping IV*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 19,2 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 3.177 kg en 384 kg wogen en bij afstanden tussen 82 en 395 m.

2°) a) Voor het geheel der salvo's beantwoorden de snelheidsmetingen (tabel VI) logisch bij de 3 ladingen.

Voor het geheel der verdiepingen is de betrekking, bij het geheel der salvo's, slechts logisch bij C_{max}.

b) Hetzelfde geldt voor de salvo's ($v + h$), zoals op de verdiepingen II en III.

c) Voor de salvo's v is de betrekking logisch bij C_{max}, zoals op de andere verdiepingen (zij zijn het grootst in aantal; 25 op 48 bij C_{max}, tegenover 3 op 16 bij de andere ladingen).

d) Voor de salvo's h gaat de betrekking niet op bij C_{max}, zoals op verdieping III, en in tegenstelling tot verdieping I (slechts 4 metingen).

3°) a) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$ (tabel V en fig. 10) liggen de gemiddelde snelheden van de salvo's ($v + h$) zeer dicht bij die van de salvo's v. De snelheid is hoger dan bij de salvo's h als $D/\sqrt{C_{max}}$ klein is, en omgekeerd.

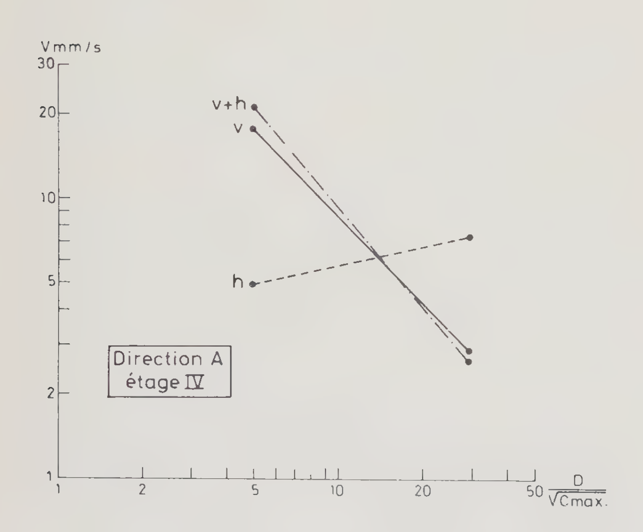


Fig. 10

Direction : richting
Etage : verdieping

b) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, choisie dans le domaine commun aux étages, *la vitesse des tirs v (moyenne)* (fig. 7) *augmente avec la profondeur d'étage,* tandis que pour les tirs ($v + h$) et les tirs h, l'ordre des étages est perturbé (II-I-IV-III ou I-IV-III) (fig. 6 ou 8).

b) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, gekozen in het gemeenschappelijk gebied van de verdiepingen, *neemt de gemiddelde snelheid van de salvo's v (fig. 7) toe met de diepte van de verdieping,* terwijl voor de salvo's ($v + h$) en de salvo's h de volgorde van de verdiepingen verstoord is (II-I-IV-III of I-IV-III) (fig. 6 of 8).

4°) La décroissance de la vitesse suivant $D / \sqrt{C}$ est plus rapide pour les tirs ($v + h$), quelle que soit la narge envisagée; elle est un peu plus rapide pour $_{max}$.

.1.5. *Conclusions concernant la direction* A

La direction A est celle qui contient le plus de mesures, surtout dans l'étude par rapport à C_{max} (tableau I).

1°) Conformément à l'étude préliminaire (§ 121), a charge C_{max} s'avère la plus fréquemment logique. lle seule (tableau VI) provoque une réponse logique our l'ensemble des étages, que ce soit de la part de ensemble des tirs, des tirs ($v + h$) ou des tirs v.

2°) Les coefficients des relations statistiques (taleau V) sont très variables suivant à la fois l'étage, la harge envisagée, le type de tir.

3°) Les vibrations moyennes sont les plus fortes :

— pour les tirs h à l'étage I, quel que soit $D / \sqrt{C_{max}}$, et aux étages III et IV seulement si $D / \sqrt{C_{max}}$ est grand;
— pour les tirs ($v + h$) à l'étage II;
— aux étages III et IV, suivant $D / \sqrt{C_{max}}$.

Les mines horizontales semblent donc les plus nocives au point de vue des vibrations. Elles semblent d'ailleurs obéir à une loi en $D / \sqrt{C_{max}}$ *différente.*

4°) *Pour les tirs v seuls, la vitesse moyenne de vibration augmente systématiquement lorsqu'on passe d'un étage à un étage plus profond.* Pour les tirs ($v + h$), cela dépend de $D / \sqrt{C_{max}}$. Quant aux tirs h, on ne peut tirer de conclusion, car les mesures n'existent pas à certains étages, ou sont trop rares.

5°) La décroissance de la vitesse moyenne suivant $D / \sqrt{C}$ est la plus rapide, à tout étage, pour C_{max}; le type de tir varie d'un étage à l'autre : c'est ($v + h$) aux étages II et IV.

4°) De daling van de snelheid in funktie van $D / \sqrt{C}$ is het sterkst bij de salvo's ($v + h$), ongeacht de beschouwde lading; ze is een weinig sterker bij C_{max}.

2.1.5. *Besluiten voor richting A*

Richting A behelst het grootst aantal metingen, vooral in de studie betreffende C_{max} (tabel III).

1°) Overeenkomstig met de voorafgaande studie (§ 1.2.1.) is C_{max} de lading die het vaakst logisch blijkt. Zij is de enige lading (tabel VI) die op alle verdiepingen logisch beantwoordt aan de Amerikaanse wet, zowel bij het geheel der salvo's, als bij de salvo's ($v + h$) of de salvo's v.

2°) De koëfficiënten van de statistische verhoudingen (tabel V) zijn zeer variabel, zowel volgens de verdieping als volgens de lading en het type salvo.

3°) De gemiddelde trillingen zijn het sterkst :

— bij de salvo's h op verdieping I, ongeacht de waarde van $D / \sqrt{C_{max}}$, en op de verdiepingen III en IV enkel als $D / \sqrt{C_{max}}$ groot is;
— bij de salvo's ($v + h$) op verdieping II;
— op de verdiepingen III en IV, in funktie van $D / \sqrt{C_{max}}$.

De horizontale mijnen schijnen dus de sterkste trillingen te veroorzaken. Zij lijken trouwens te gehoorzamen aan een andere wet in $D / \sqrt{C_{max}}$.

4°) *Enkel bij de salvo's v verhoogt de gemiddelde trillingssnelheid stelselmatig naarmate men naar een dieper gelegen verdieping afdaalt.* Bij de salvo's ($v + h$) hangt dit van $D / \sqrt{C_{max}}$ af. Voor de salvo's h kunnen geen besluiten getrokken worden, omdat op bepaalde verdiepingen geen of te weinig metingen werden verricht.

5°) De daling van de gemiddelde snelheid volgens $D / \sqrt{C}$ is op elke verdieping het sterkst bij C_{max}; het type salvo varieert van een verdieping tot de andere : op de verdiepingen II en IV is het ($v + h$).

2.2. *Direction B*

2.2.1. *Etage I*

1°) D'après le tableau IV, la vitesse mesurée a atteint une fois 65,1 mm/s, mais pour le $D / \sqrt{C}$ le plus faible (5,45). Pour les 37 autres mesures, les vitesses n'ont jamais dépassé 20,7 mm/s, pour des charges C_{tot} et C_{max} allant respectivement jusqu'à 6.875 kg et 845 kg, et ce, à des distances comprises entre 152 et 850 m.

2°) Quel que soit le tir (tableau VI), les vitesses mesurées répondent logiquement par rapport aux 3 charges.

2.2. *Richting B*

2.2.1. *Verdieping I*

1°) Volgens tabel IV heeft de gemeten snelheid eenmaal 65,1 mm/s bereikt, maar bij de laagste waarde van $D / \sqrt{C}$ (5,45). Bij de overige 37 metingen is de snelheid nooit hoger geweest dan 20,7 mm/s, bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 6.875 kg en 845 kg wogen en bij afstanden tussen 152 en 850 m.

2°) Bij alle salvo's (tabel VI) beantwoorden de gemeten snelheden logisch bij de 3 ladingen.

3°) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$ (figure 11), la vitesse moyenne croît selon l'ordre suivant : tir *h* — tir (*v* + *h*) — tir *v*, si $D/\sqrt{C_{max}}$ est petit; et inversément si $D/\sqrt{C_{max}}$ est plus grand (cas le plus fréquent des mesures); *dans ce cas les tirs h sont les moins favorables.*

Cette inversion existe aussi pour la C_{tot} et les tirs (*v* + *h*) et *h*.

Elle n'existait pas pour la direction A.

3°) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$ (figuur 11), neemt de gemiddelde snelheid toe in deze volgorde : salvo *h* — salvo (*v* + *h*) — salvo *v*, als $D/\sqrt{C_{max}}$ klein is, en omgekeerd als $D/\sqrt{C_{max}}$ groter is (komt het meest voor); *in dit geval zijn de salvo's h het minst gunstig.*

Die omgekeerde verhouding geldt ook bij C_{tot} en de salvo's (*v* + *h*) en *h*.

Dit was niet het geval voor richting A.

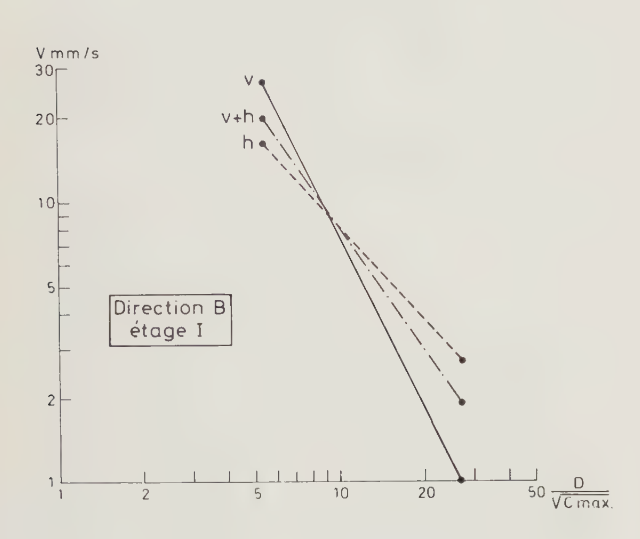


Fig. 11

Direction : richting
Etage : verdieping

4°) La décroissance de V en fonction de $D/\sqrt{C}$ (tableau V) est la plus rapide pour C_{max} et C_{tot}, surtout pour C_{max} et les tirs *v*.

2.2.2. *Etage II*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont jamais dépassé 27,4 mm/s pour des C_{tot} et des C_{max} allant respectivement jusqu'à 4.522 kg et 531 kg, et ce, à des distances comprises entre 55 et 515 m.

2°) a) Pour l'ensemble des tirs (tableau VI), les vitesses mesurées répondent logiquement, quelle que soit la charge envisagée.

Pour l'ensemble des étages I et II, la réponse est logique par rapport aux 3 charges.

b) Les tirs (*v* + *h*), les plus nombreux (tableau III : 14 sur 25 pour C_{max}; 10 sur 20 pour les autres charges), répondent logiquement pour C_{tot} et C_{1e}, mais non pour C_{max}.

Pour l'ensemble des étages I et II, leur réponse est logique par rapport à C_{tot} et C_{1e}.

c) Les tirs *v* répondent logiquement aux 3 charges, comme à l'étage I.

3°) a) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, la vitesse moyenne croît comme à l'étage I (fig. 12 et 11); à savoir dans le sens : tir (*v* + *h*) — tir *v* si $D/\sqrt{C_{max}}$ est petit, et inversément (tableau V).

4°) De daling van V in funktie van $D/\sqrt{C}$ (tabel V) is het snelst bij C_{max} en C_{tot}, vooral bij C_{max} en de salvo's *v*.

2.2.2. *Verdieping II*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 27,4 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 4.522 kg en 531 kg wogen en bij afstanden tussen 55 en 515 m.

2°) a) Voor het geheel der salvo's (tabel VI) beantwoorden de snelheden logisch bij elke lading.

Voor het geheel der verdiepingen I en II is de betrekking logisch bij de 3 ladingen.

b) De salvo's (*v* + *h*), die het grootst in aantal zijn (tabel III : 14 op 25 bij C_{max}; 10 op 20 bij de andere ladingen), beantwoorden logisch bij C_{tot} en C_{1e}, maar niet bij C_{max}.

Voor het geheel der verdiepingen I en II is de betrekking logisch bij C_{tot} en C_{1e}.

c) De salvo's beantwoorden logisch bij de 3 ladingen, zoals op verdieping I.

3°) a) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C}$ neemt de gemiddelde snelheid toe zoals op verdieping I (fig. 12 en 11); namelijk in die volgorde : salvo (*v* + *h*) — salvo *v* wanneer $D/\sqrt{C_{max}}$ klein is, en omgekeerd (tabel V).

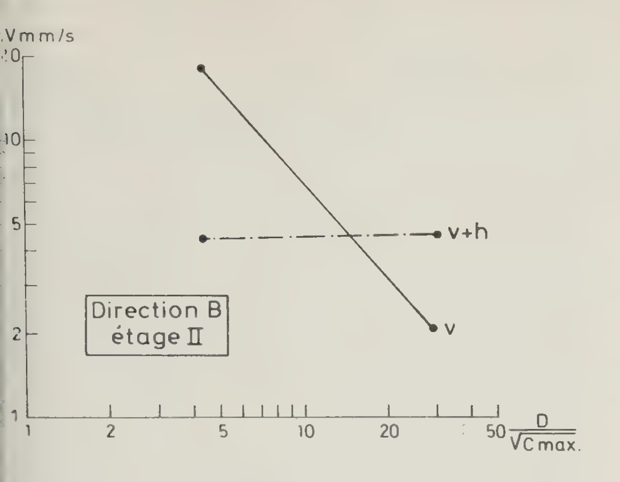


Fig. 12

Direction : richting
Etage : verdieping

b) Les 4 étages n'ont pratiquement pas de do- ıaine commun des $D/\sqrt{C_{max}}$ (25,00 à 28,75). La ɔmparaison ne peut se faire qu'entre les 3 premiers :ages et entre IV et III.

Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, choisie dans domaine commun aux étages I à III (10,14 à 6,89), la vitesse moyenne pour les tirs ($v + h$) est ıférieure à celle de l'étage I, si $D/\sqrt{C_{max}}$ est petit, et ıversément (fig. 13). Pour les tirs *v*, même conclu- on (fig. 14) pour le domaine commun aux étages I et (5,45 — 26,89).

4°) La décroissance de la vitesse moyenne suivant $/\sqrt{C}$ est la plus rapide pour les tirs ($v + h$) par ıpport à C_{tot} et C_{1e}, puis pour les tirs *v* par rapport à $_{max}$ (tableau V).

b) De 4 verdiepingen hebben vrijwel geen gemeenschappelijk gebied voor $D/\sqrt{C_{max}}$ (25,00 tot 28,75). Men kan slechts de eerste drie verdiepingen en IV en III onderling vergelijken.

Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, gekozen in het gemeenschappelijk gebied van verdiepingen I tot III (10,14 tot 26,89), is de gemiddelde snelheid bij de salvo's ($v + h$) lager dan op verdieping I, als $D/\sqrt{C_{max}}$ klein is, en omgekeerd (fig. 13). Bij de salvo's *v*, zelfde konklusie (fig. 14) voor het gemeenschappelijk gebied van verdiepingen I en II (5,45 — 26,89).

4°) De daling van de gemiddelde snelheid in funktie van $D/\sqrt{C}$ is het snelst bij de salvo's ($v + h$) bij C_{tot} en C_{1e}, vervolgens bij de salvo's *v* bij C_{max} (tabel V).

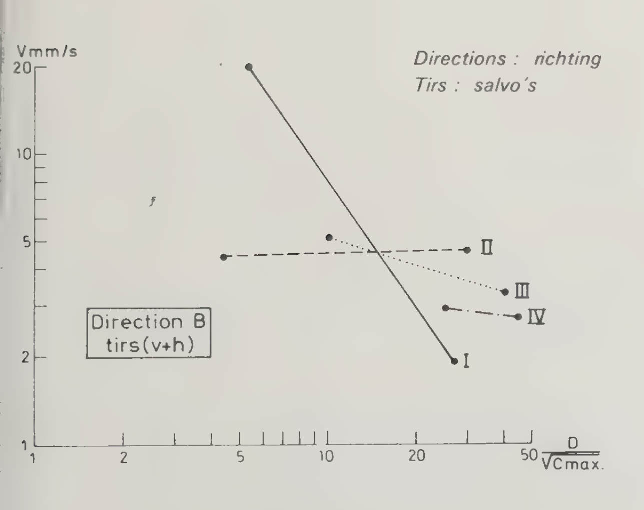


Fig. 13

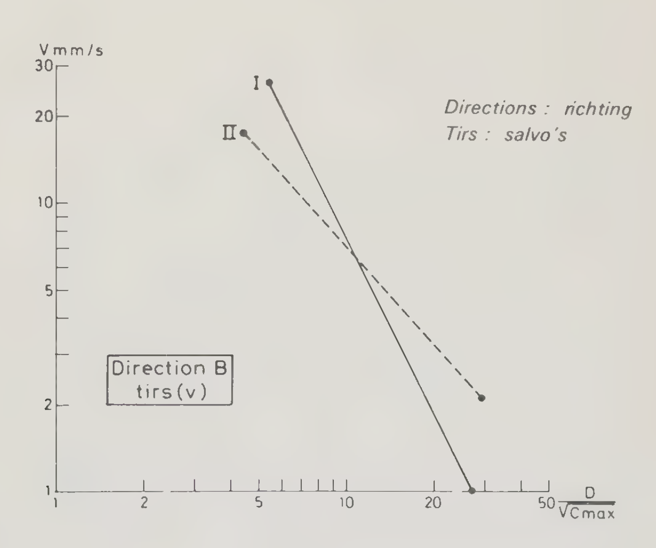


Fig. 14

2.2.3. *Etage III*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont pas dépassé 6,6 mm/s pour des C_{tot} et des C_{max} allant respectivement jusqu'à 4.091 kg et 275 kg, et ce, à des distances comprises entre 95 et 570 m.

2°) Il n'y a pratiquement que des tirs (*v* + *h*) (tableau III : 33 sur 37 pour C_{max}; 33 sur 34 pour les autres charges). Ils répondent logiquement quelle que soit la charge envisagée (tableau VI).

Pour l'ensemble des étages I à III, la réponse de l'ensemble des tirs et des tirs (v + h) est logique par rapport aux 3 charges.

3°) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$ choisie dans le domaine commun aux étages I à III (10,14 à 26,89), la vitesse moyenne pour les tirs (*v* + *h*) varie en fonction de l'étage suivant un ordre qui dépend de $D/\sqrt{C_{max}}$: II — III — I ou I — III — II (fig. 13).

4°) La décroissance de V probable est la plus rapide pour C_{tot} et C_{max} (tableau V).

2.2.4. *Etage IV*

1°) D'après le tableau IV, la vitesse mesurée n'a pas dépassé 4,9 mm/s, pour des C_{tot} et des C_{max} allant respectivement jusqu'à 2.834 kg et 324 kg, et ce, à des distances comprises entre 440 et 467 m *(à noter le faible écart entre les distances).*

2°) *On ne compte que des tirs (v + h)* (tableau III : 5 pour C_{max}; 4 pour C_{tot} et C_{1e}).

Ils ne répondent logiquement que par rapport à C_{max}.

Pour l'ensemble des étages I à IV, la réponse n'est plus logique que par rapport à C_{max}.

3°) On ne peut comparer l'étage IV qu'à l'étage III (fig. 15). La vitesse moyenne est inférieure.

4°) La vitesse ne décroît que par rapport à C_{max} (tableau V). Aucune comparaison n'est possible !

2.2.3. *Verdieping III*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 6,6 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 4.091 en 275 kg wogen en bij afstanden tussen 95 en 570 m.

2°) Er zijn nagenoeg geen andere salvo's dan (*v* + *h*) (tabel III : 33 op 37 bij C_{max}; 33 op 34 voor de andere ladingen). Zij beantwoorden logisch bij elke lading (tabel VI).

Op het geheel der verdiepingen I tot III beantwoorden het geheel der salvo's en de salvo's (v + h) logisch bij de 3 ladingen.

3°) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, gekozen in het gemeenschappelijk gebied van de verdiepingen I tot III (10,14 tot 26,89), varieert de gemiddelde snelheid bij de salvo's (*v* + *h*) in funktie van de verdieping in een volgorde die afhangt van $D/\sqrt{C_{max}}$: II - III - I of I - III - II (fig. 13).

4°) De daling van de gemiddelde snelheid is het sterkst bij C_{tot} en C_{max} (tabel V).

2.2.4. *Verdieping IV*

1°) Volgens tabel IV is de gemeten snelheid nooit hoger geweest dan 4,9 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 2.834 kg en 324 kg wogen en bij afstanden tussen 440 en 467 m *(Let wel op het kleine verschil tussen de afstanden).*

2°) *Er zijn enkel salvo's (v + h)* (tabel III : 5 bij C_{max}; 4 bij C_{tot} en C_{1e}).

Ze beantwoorden slechts logisch bij C_{max}.

Voor het geheel van de verdiepingen I tot IV is de betrekking nog slechts logisch bij C_{max}.

3°) Men kan verdieping IV slechts met verdieping III vergelijken (fig. 15). De gemiddelde snelheid is lager.

4°) De snelheid vermindert slechts bij C_{max} (tabel V). Er is geen enkele vergelijking mogelijk !

Vmm/s
Direction B
étages III et IV
v+h III
v+h IV
$D/\sqrt{C_{max}}$

Fig. 15

Direction : richting
Etage : verdieping

2.2.5. *Conclusions concernant la direction* B

Par rapport à la direction A, la direction B contient beaucoup moins de mesures concernant C_{max} (105 contre 213 : tableau III) et pratiquement le même nombre concernant C_{tot} et C_{1e} (84 contre 85).

On ne rencontre pratiquement de tirs *v* qu'aux étages I et II et de tirs *h* qu'à l'étage I.

1°) a) Pour l'ensemble des tirs, la charge C_{max}, bien que plus variable que pour la direction A, n'est la plus fréquemment logique que grâce à l'étage IV. Sinon, pour les étages I à III, les 3 charges sont logiques.

b) Pour les tirs (*v* + *h*), même conclusion sauf à l'étage II où C_{max} n'est pas logique.

c) Pour les tirs *v* (étages I et II) les 3 charges sont logiques.

2°) Les coefficients des relations statistiques sont aussi variables que dans la direction A (tableau V).

3°) A l'étage I (fig. 11), les 3 droites de régression s'intersectent en un point. Ceci n'existait pas dans la direction A.

4°) Les vitesses moyennes les plus fortes aux différents étages correspondent à des types de tirs différents, suivant la valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$.

Les tirs h, comme pour A, *restent les moins favorables (du moins au seul étage I,* où la droite de régression a pu être tracée).

5°) On ne peut observer, comme pour A, une croissance de la vitesse moyenne avec la profondeur d'étage, ni pour les tirs (*v* + *h*) ni pour les tirs *v* (fig. 13, 14 et 15).

6°) La décroissance de la vitesse moyenne suivant $D/\sqrt{C}$ est la plus rapide aux étages I à III pour C_{max} et C_{tot}, soit pour les tirs (*v* + *h*), soit pour les tirs *v*.

2.2.5. *Besluiten over richting B*

In vergelijking met richting A omvat richting B veel minder metingen bij C_{max} (105 tegen 213 : tabel III) en nagenoeg hetzelfde aantal bij C_{tot} en C_{1e} (84 tegen 85).

Salvo's *v* worden vrijwel enkel aangetroffen op verdiepingen I en II en salvo's *h* op verdieping I.

1°) a) Voor het geheel der salvo's is de lading C_{max}, hoewel variabeler dan bij richting A, nog slechts de meest logische dank zij verdieping IV. Op de verdiepingen I tot III zijn de 3 ladingen logisch.

b) Dezelfde konklusie geldt voor de salvo's (*v* + *h*), behalve op verdieping II waar C_{max} niet logisch is.

c) Bij de salvo's *v* (verdiepingen I en II) zijn de 3 ladingen logisch.

2°) De koëfficiënten van de statische verhoudingen zijn even variabel als bij richting A (tabel V).

3°) Op verdieping I (fig. 11) snijden de 3 regressielijnen elkaar in een punt. Dit was niet zo in richting A.

4°) De hoogste gemiddelde snelheden op de verschillende verdiepingen stemmen overeen met verschillende typen salvo's, naargelang van de waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$.

Zoals voor A, zijn de salvo's *h* ook hier het minst gunstig. (*Althans op verdieping I,* waar de regressielijn kon worden getrokken).

5°) In tegenstelling tot richting A kan hier geen toename van de gemiddelde snelheid met de diepte van de verdieping worden vastgesteld, noch voor de salvo's (*v* + *h*), noch voor de salvo's *v* (fig. 13, 14 en 15).

6°) De daling van de gemiddelde snelheid in funktie van $D/\sqrt{C}$ is het sterkst op verdiepingen I tot III bij C_{max} en C_{tot}, hetzij bij de salvo's (*v* + *h*), hetzij bij de salvo's *v*.

2.3. *Direction C*

2.3.1. *Etage I*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses ont atteint jusqu'à 72,40 mm/s pour des charges C_{tot} et C_{max} allant respectivement jusqu'à 11.047 kg et 1.050 kg, et ce, à des distances comprises entre 50 et 560 m.

Les vitesses mesurées sont très variables, surtout pour les tirs (*v* + *h*) et *v* (tableau VIII). Cela est attribuable à la fois à l'étendue du domaine des distances et des charges.

Pour l'ensemble des vitesses inférieures à 50 mm/s (65 sur 67 mesures), la charge C_{max} a atteint jusqu'à 1.050 kg; les distances étaient comprises entre 50 et 560 m (tableau IV).

2.3. *Richting C*

2.3.1. *Verdieping I*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid opgelopen tot 72,50 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 11.047 kg en 1.050 kg wogen en bij afstanden tussen 50 en 560 m.

De opgemeten snelheden zijn zeer variabel, vooral bij de salvo's (*v* + *h*) en *v* (tabel VIII). Dit is toe te schrijven aan het uitgestrekt gebied dat zowel afstanden als ladingen beslaan.

Bij de snelheden onder de 50 mm/s (65 op 67 metingen) bedroeg het gewicht van lading C_{max} tot 1.050 kg; de afstanden lagen tussen 50 en 560 m (tabel IV).

TABLEAU VIII — Répartition des vitesses

TABEL VIII — Indeling van de snelheden

Vitesses *Snelheden* (mm/s)	Tirs *Salvo's* (*v* + *h*)		Tirs *Salvo's* *v*		Tirs *Salvo's* *h*	
0 — 10	11		25		8	
10 — 20	4		4		3	
20 — 30	2		1			
30 — 40	1	33,1 mm/s	4	30,4 - 32,1	1	36,8 mm/s
				33,5 — 38,5		
40 — 50			1	41,8 mm/s		
50 — 60	1	56,4				
60 — 70						
70 — 80			1	72,4		
	19		36		12	

2°) Pour n'importe quel type de tir (tableau VI), les vitesses mesurées répondent logiquement par rapport aux 3 charges.

3°) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, la vitesse moyenne (fig. 16) la plus élevée dépend de $D/\sqrt{C_{max}}$. Si cette valeur est petite, l'ordre croissant est : tirs *h* — tirs (*v* + *h*) — tirs *v*.

Si cette valeur est grande, l'ordre devient : tirs *v* — tirs *h* — tirs (*v* + *h*).

4°) La décroissance de V (tableau V) est la plus forte pour C_{max}, surtout pour les tirs *v* et *h*.

2°) Bij gelijk welk type salvo (tabel VI) beantwoorden de opgemeten snelheden logisch bij de 3 ladingen.

3°) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, hangt de hoogste gemiddelde snelheid (fig. 16) af van $D/\sqrt{C_{max}}$; is die waarde klein, dan is de stijgende volgorde : salvo's *h* — salvo's (*v* + *h*) — salvo's *v*.

Is deze waarde groot, dan is de volgorde : salvo's *v* — salvo's *h* — salvo's (*v* + *h*).

4°) De daling van V (tabel V) is het sterkst bij C_{max}, vooral bij de salvo's *v* en *h*.

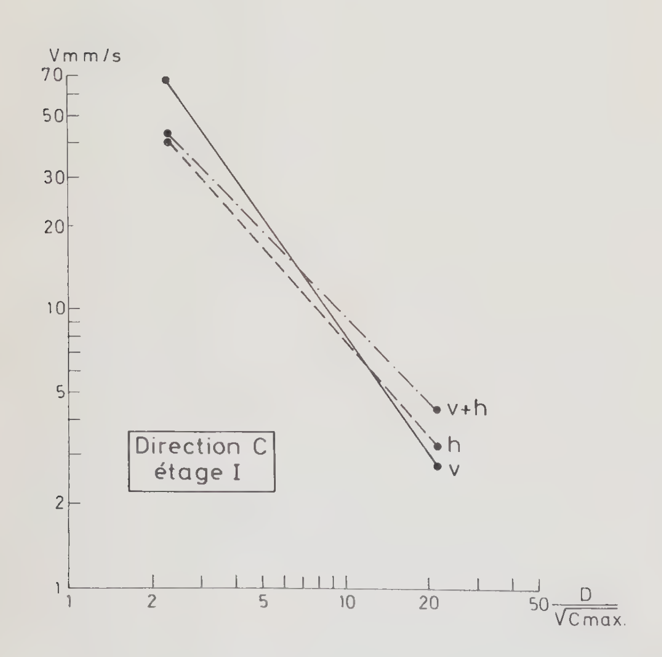


Fig. 16

Direction : richting
Etage : verdieping

2.3.2. *Etage II*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont jamais dépassé 19 mm/s pour des charges C_{tot} et C_{max} allant respectivement jusqu'à 9.552 kg et 531 kg, et ce, à des distances comprises entre 152 et 960 m.

2°) a) Pour l'ensemble des tirs et les tirs ($v + h$), les plus nombreux (tableau III : 18 sur 25 pour C_{max}; 11 sur 13 pour C_{tot} et C_{1e}), la réponse est logique par rapport aux 3 charges (tableau VI).

b) Pour les tirs v, la réponse est logique pour C_{max}.

Pour l'ensemble des étages I et II, la réponse pour l'ensemble des tirs et pour les tirs (v + h) est logique pour les 3 charges, et pour les tirs v par rapport à C_{max}.

c) Il n'y a pas de mesure concernant les tirs h.

3°) a) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$ (tableau V et fig. 17), la vitesse moyenne est plus élevée pour les tirs ($v + h$).

b) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, choisie dans le domaine commun aux étages, la vitesse moyenne :
pour les tirs ($v + h$) (fig. 18) est proche de celle à l'étage I;
pour les tirs v (fig. 19) est légèrement inférieure.

4°) La décroissance de la vitesse (tableau V) est la plus rapide par rapport à C_{max}, pour les tirs v puis pour les ($v + h$).

2.3.2. *Verdieping II*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 19 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 9.552 kg en 531 kg wogen en bij afstanden tussen 152 en 960 m.

2°) a) Voor het geheel der salvo's en voor de salvo's ($v + h$), die het talrijkst zijn (tabel III : 18 op 25 bij C_{max}; 11 op 13 bij C_{tot} en C_{1e}) is de betrekking logisch bij de 3 ladingen (tabel VI).

b) Voor de salvo's v is de betrekking logisch bij C_{max}.

Voor het geheel der verdiepingen I en II, beantwoorden het geheel der salvo's en de salvo's (v + h) logisch bij de 3 ladingen, en de salvo's v bij C_{max}.

c) Er zijn geen metingen voor de salvo's h.

3°) a) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$ (tabel V en fig. 17) is de gemiddelde snelheid hoger bij de salvo's ($v + h$).

b) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, gekozen in het gemeenschappelijk gebied van de verdiepingen, is de gemiddelde snelheid : dichtbij die op verdieping I bij de salvo's ($v + h$) (fig. 18); lichtjes lager bij de salvo's v (fig. 19).

4°) De daling van de snelheid (tabel V) is het sterkst bij C_{max}, bij de salvo's v en vervolgens bij de salvo's ($v + h$).

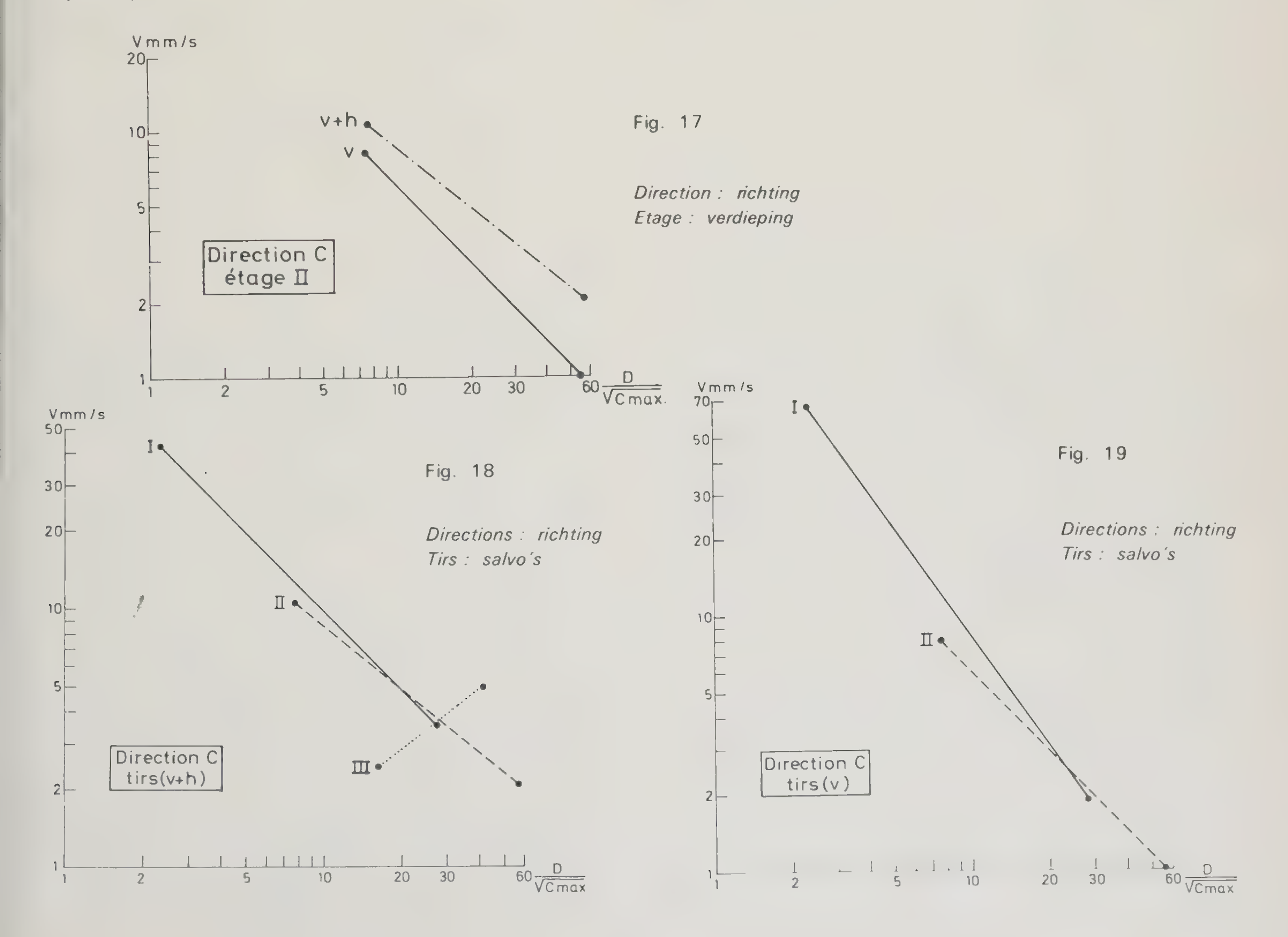


Fig. 17

Fig. 18

Fig. 19

2.3.3. *Etage III*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont jamais dépassé 7,9 mm/s pour des charges C_{tot} et C_{max} allant respectivement jusqu'à 2.438 kg et 252 kg, et ce, à des distances comprises entre 205 et 460 m.

2°) Pour l'ensemble des tirs et donc les tirs ($v + h$), les seuls mesurés (tableau III), la réponse est logique pour C_{tot} et C_{1e} mais non pour C_{max} (tableau VI et fig. 20).

Pour l'ensemble des étages I à III, la réponse est logique pour C_{tot} *et* C_{1e}*, pour l'ensemble des tirs et des tirs (v + h).*

3°) Pour une même valeur de $D/\sqrt{C_{max}}$, comprise dans le domaine commun aux étages, pour les tirs (v + h) (fig. 18), la vitesse est inférieure à celle de l'étage II ou I lorsque $D/\sqrt{C_{max}}$ est petit, et inversément.

4°) La décroissance de la vitesse est la plus forte par rapport à C_{tot}, puis à C_{1e}.

2.3.3. *Verdieping III*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 7,9 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 2.438 kg en 252 kg wogen en bij afstanden tussen 205 en 460 m.

2°) Voor het geheel der salvo's en dus de salvo's (v + h), de enige salvo's die gemeten zijn (tabel III), is de betrekking logisch bij C_{tot} en C_{1e} maar niet bij C_{max} (tabel VI en fig. 20).

Voor het geheel der verdiepingen I tot III is de betrekking logisch bij C_{tot} *en* C_{1e}*, bij het geheel der salvo's en de salvo's (v + h).*

3°) Bij eenzelfde waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$, gekozen in het gemeenschappelijk gebied van de verdiepingen, is de snelheid, bij de salvo's ($v + h$) (fig. 18) lager dan die van verdieping II of I als $D/\sqrt{C_{max}}$ klein is, en omgekeerd.

4°) De daling van de snelheid is het sterkst bij C_{tot}, vervolgens bij C_{1e}.

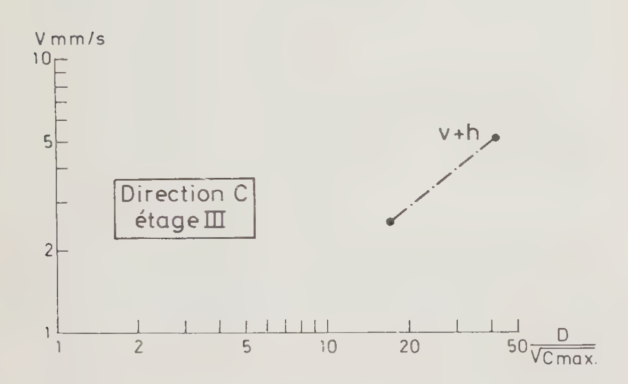


Fig. 20

Direction : richting
Etage : verdieping

2.3.4. *Conclusions concernant la direction C*

Cette direction comporte environ le même nombre de mesures que B concernant C_{max} (100 contre 105) et moins que les 2 directions précédentes concernant C_{tot} et C_{1e} (65 contre 85 et 84 : tableau III).

1°) a) Pour l'ensemble des tirs et les tirs ($v + h$), les charges le plus fréquemment logiques sont C_{tot} et C_{1e}.

b) Pour les tirs v (étages I et II), c'est C_{max}.

2°) Les coefficients des droites de régression sont aussi variables que dans les 2 autres directions (tableau V).

3°) Comme pour la direction B, les droites de régression s'intersectent à l'étage I (fig. 16).

4°) Les vitesses moyennes les plus élevées se présentent :

— A l'étage I, pour les tirs v ou ($v + h$) suivant que $D/\sqrt{C_{max}}$ est petit ou grand. Mais l'écart n'est pas grand (fig. 16).

2.3.4. *Besluiten over richting C*

Deze richting omvat ongeveer evenveel metingen als B met betrekking tot C_{max} (100 tegen 105) en minder dan de twee vorige richtingen met betrekking tot C_{tot} en C_{1e} (65 tegen 85 en 84 : tabel III).

1°) a) Voor het geheel der salvo's en de salvo's (v + h) zijn de ladingen die het vaakst logisch beantwoorden, C_{tot} en C_{1e}.

b) Voor de salvo's v (verdiepingen I en II) is dit het geval bij C_{max}.

2°) De koëfficiënten van de regressielijnen zijn even variabel als in de 2 andere richtingen (tabel V).

3°) Zoals in richting B snijden de regressielijnen elkaar op verdieping I (fig. 16).

4°) De hoogste gemiddelde snelheden treft men aan :

— op verdieping I, bij de salvo's v of ($v + h$) al naargelang $D/\sqrt{C_{max}}$ klein of groot is. Het verschil is evenwel niet groot (fig. 16)

— A l'étage II, pour les tirs ($v + h$). Mais l'écart n'est pas élevé non plus (fig. 17).

5°) Comme dans la direction B et contrairement à A, on ne constate pas d'accroissement systématique de la vitesse avec la profondeur d'étage : c'est le contraire pour les tirs v (fig. 19) et cela dépend de $D / \sqrt{C_{max}}$ pour les tirs ($v + h$) (fig. 18).

6°) Au point de vue décroissance de la vitesse, la charge la plus significative est :
aux étages I et II : C_{max} (surtout pour les tirs v);
à l'étage III : C_{tot} et C_{1e}.

2.4. *Direction D*

2.4.1. *Etage I*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont pas dépassé 29,9 mm/s pour des charges C_{tot} et C_{max} allant respectivement jusqu'à 5.900 kg et 795 kg, et ce, à des distances comprises entre 107 et 592 m.

2°) Pour l'ensemble des tirs (qui ne comprend pratiquement que des tirs v et des tirs h : tableau III), la réponse est logique par rapport aux 3 charges (tableau VI).

3°) Pour une même valeur de $D / \sqrt{C_{max}}$ (tableau V et fig. 21), la vitesse moyenne est un peu plus élevée pour les tirs h.

4°) Au point de vue décroissance de la vitesse (tableau V), les 3 charges sont pratiquement aussi significatives, surtout : C_{max} pour tous les tirs (v et h), puis C_{1e} pour les tirs v.

2.4.2. *Etage II*

1°) D'après le tableau IV, les vitesses n'ont pas dépassé 21,5 mm/s pour des charges C_{tot} et C_{max} allant respectivement jusqu'à 9.952 kg et 457 kg, et ce, à des distances comprises entre 360 et 525 m.

2°) L'étage ne comporte pour l'étude que des tirs ($v + h$) (tableau III), dont la réponse est logique par rapport à C_{max} (tableau VI et fig. 22).

3°) Puisque l'étude n'a pu concerner que des tirs ($v + h$) à l'étage II et des tirs v et h à l'étage I, aucune comparaison n'est possible.

4°) De même, au point de vue représentativité de la charge : la seule charge étudiée est C_{max}.

2.4.3. *Conclusions concernant la direction D*

Celle-ci contient le moins de mesures (tableau III : 47 pour C_{max}, 22 pour C_{tot} et C_{1e}). L'étude ne concerne à l'étage I que des tirs v et h et à l'étage II que des tirs ($v + h$).

1°) a) Pour l'ensemble des tirs aux 2 étages, la réponse est logique par rapport à C_{max}. A l'étage I seul, les 3 charges sont logiques.

— op verdieping II, bij de salvo's ($v + h$). Ook hier is het verschil niet groot (fig. 17).

5°) Zoals in richting B en in tegenstelling tot richting A stelt men geen stelselmatige toename van de snelheid vast met de diepte van de verdieping : het tegengestelde is waar bij de salvo's v (fig. 19) en het hangt af van $D / \sqrt{C_{max}}$ bij de salvo's ($v + h$) (fig. 18).

6°) Wat de daling van de snelheid betreft, is de meest signifikante lading :
— op de verdiepingen I en II : C_{max} (vooral voor de salvo's v);
— op verdieping III : C_{tot} en C_{1e}.

2.4. *Richting D*

2.4.1. *Verdieping I*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 29,9 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 5.900 kg en 795 kg wogen en bij afstanden tussen 107 en 592 m.

2°) Voor het geheel der salvo's (nagenoeg enkel salvo's v en salvo's h : tabel III) is de betrekking logisch bij de 3 ladingen (tabel VI).

3°) Bij eenzelfde waarde van $D / \sqrt{C_{max}}$ (tabel V en fig. 21) is de gemiddelde snelheid een weinig hoger bij de salvo's h.

4°) Wat de daling van de snelheid betreft (tabel V), zijn de 3 ladingen vrijwel even signifikant, vooral : C_{max} bij de salvo's ($v + h$), vervolgens C_{1e} bij de salvo's v.

2.4.2. *Verdieping II*

1°) Volgens tabel IV is de snelheid nooit hoger geweest dan 21,5 mm/s bij ladingen C_{tot} en C_{max} die respektievelijk tot 9.952 kg en 457 kg wogen en bij afstanden tussen 360 en 525 m.

2°) Op deze verdieping werden voor de studie enkel salvo's ($v + h$) gemeten (tabel III), die logisch beantwoordden bij C_{max} (tabel VI en fig. 22).

3°) Daar er op verdieping II enkel salvo's ($v + h$) waren en op verdieping I salvo's v en h, is geen enkele vergelijking mogelijk.

4°) Hetzelfde geldt voor de representativiteit van de lading : de enige lading die bestudeerd werd is C_{max}.

2.4.3. *Besluiten over richting D*

Deze richting omvat het kleinste aantal metingen (tabel III : 47 bij C_{max}, 22 bij C_{tot} en C_{1e}). Op verdieping I waren er slechts salvo's v en h en op verdieping II enkel salvo's ($v + h$).

1°) a) Voor het geheel der salvo's op beide verdiepingen gaat de betrekking op bij C_{max}. Op verdieping I alleen zijn de 3 ladingen logisch.

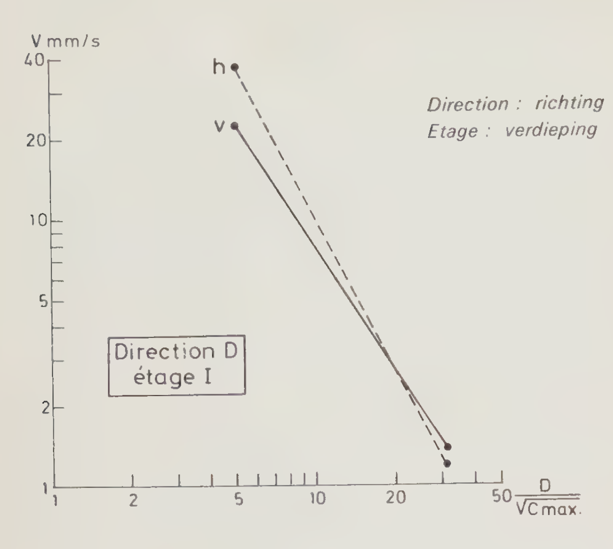
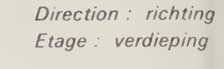


Fig. 21



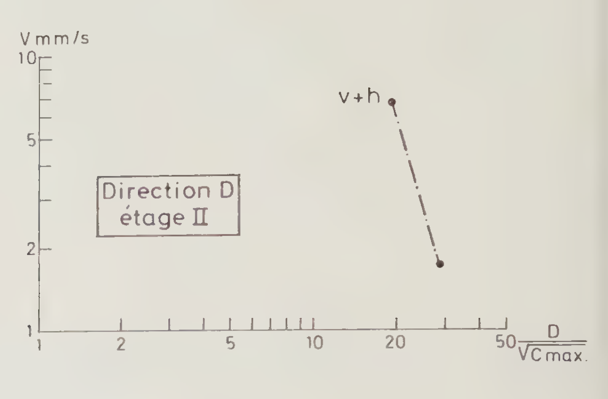


Fig. 22

b) Il est évidemment impossible de comparer les types de tirs aux 2 étages.

2°) Comme dans les autres directions, les coefficients des droites de régression sont fort variables (tableau V).

3°) Comme dans les directions B et C, les droites de régression s'intersectent à l'étage I.

4°) Vitesses les plus élevées : cfr étage I (§ 2.4.1. : 3°).

5°) Il est évidemment impossible d'étudier la croissance éventuelle de la vitesse avec la profondeur d'étage.

6°) Charge significative : cfr étage I (4°).

3. *CONCLUSIONS*

1°) La loi américaine $V = K(D/\sqrt{C})^{-\alpha}$ a été confirmée par les mesures, à quelques exceptions près dues à la combinaison de divers paramètres.

Mais il faut constater que, même dans le cas d'un gisement homogène non stratifié, comme celui de Quenast, les coefficients K et α sont très différents selon les paramètres envisagés (direction, étage, charge, type de tir) à tel point que *les conclusions ont dû être tirées par direction et par étage*, avec quelques analogies entre certaines directions. Autrement dit, la propagation des vibrations reste chaque fois un cas d'espèce.

2°) Pour l'ensemble des directions et des étages, *la charge la plus significative (réponse logique, variation de la vitesse par rapport à* $D/\sqrt{C}$*) est* $C_{max.}$ (charge de la volée la plus chargée) plutôt que C_{tot} (charge totale), du fait de l'emploi de retards. Cette conclusion est en accord avec les règlements en

b) Het is uiteraard onmogelijk de verschillende soorten salvo's op de 2 verdiepingen onderling te vergelijken.

2°) Zoals in de andere richtingen zijn de koëfficiënten van de regressielijnen zeer variabel (tabel V).

3°) Zoals in de richtingen B en C, snijden de regressielijnen elkaar op verdieping I.

4°) De hoogste snelheden : cfr verdieping I (§ 2.4.1. : 3°).

5°) Het is natuurlijk onmogelijk de eventuele toename van de snelheid volgens de diepte van de verdieping te bestuderen.

6°) Signifikante lading : cfr verdieping I (4°).

3. *BESLUITEN*

1°) De Amerikaanse wet $V = K(D/\sqrt{C})^{-\alpha}$ werd door de metingen bevestigd, op enkele uitzonderingen na die toe te schrijven zijn aan de kombinatie van verschillende parameters.

Men moet echter vaststellen dat zelfs in het geval van een homogene, niet gelaagde afzetting als die van Quenast, de koëfficiënten K en α zeer verschillend zijn naargelang van de beschouwde parameter (richting, verdieping, lading, soort salvo), zodanig zelfs dat *de besluiten per richting en per verdieping dienden getrokken*, waarbij dan enkele overeenkomsten tussen bepaalde richtingen werden gevonden. Met andere woorden, de voortplanting van de trillingen blijft telkens een bijzonder geval.

2°) Voor het geheel der richtingen en verdiepingen is *de meest signifikante lading (betrekking gaat op, snelheid varieert in funktie van* $D/\sqrt{C}$*)* C_{max} (lading van de zwaarst geladen reeks) en niet C_{tot}, omdat er

usage notamment aux U.S.A., qui admettent que *le facteur important d'un tir est la charge par volée.*

3°) Si plusieurs types de tir sont présents à un étage suivant une direction, les droites de régression s'intersectent, sauf : direction A étage I, et C étage II.

4°) Ceci explique que le plus souvent la vitesse moyenne la plus élevée, pour un certain $D/\sqrt{C_{max}}$ (à un étage et dans une direction donnée), survienne pour un type de tir qui diffère selon la valeur de ce $D/\sqrt{C_{max}}$.

Mais, lorsqu'elles sont présentes, les mines horizontales s'avèrent les plus nocives, voir :

— A : I et II, et III-IV si $D/\sqrt{C}$ est grand
— B et D, étage I
— C, étage II.

En général d'ailleurs, les vitesses de vibration des tirs *h* ne décroissent pas lorsque la distance D augmente (du moins dans le domaine étudié). Ne faut-il pas lier ceci au fait que les mines horizontales sont souvent associées à des « pieds » plus ou moins importants ?

5°) L'accroissement de la vitesse de vibration avec la profondeur d'étage, pour un type de tir donné, n'a été observé que dans la direction A et pour les tirs *v*. C'est logique, puisque cette direction est la plus proche des étages profonds et est normale en général aux fronts de tir. Cela ne s'est pas confirmé pour B ni C et n'a pu être vérifié pour D.

6°) Du point de vue de l'exploitant, une attention particulière doit être attribuée en résumé :

a) aux tirs *h*;
b) à la limitation de $D/\sqrt{C_{max}}$, ce qui finalement revient dans chaque cas à attribuer à C_{max} des valeurs raisonnables, d'ailleurs variables suivant les directions;
c) à l'impossibilité de généraliser sans précautions les lois énoncées ci-dessus, ce qui impose, en cas de modification profonde des tirs, d'effectuer quelques mesures d'adaptation, en vue de vérifier l'applicabilité des lois ou éventuellement de déterminer les corrections à apporter à ces cas nouveaux.

vertragingen worden gebruikt. Dit besluit stemt overeen met de reglementen die ondermeer in de Verenigde Staten gelden en waarin aangenomen wordt dat de *belangrijke faktor van een salvo de lading per reeks is.*

3°) Wanneer verschillende soorten salvo's op een verdieping in een richting aanwezig zijn, snijden de regressielijnen elkaar, behalve : richting A, verdieping I en richting C, verdieping II.

4°) Dit verklaart waarom de hoogste gemiddelde snelheid, bij een gegeven $D/\sqrt{C_{max}}$ (op een verdieping en in een bepaalde richting) meestal voorkomt bij een of ander soort salvo, naargelang van de waarde van $D/\sqrt{C_{max}}$. Wanneer ze aanwezig zijn, blijken de horizontale mijnen de schadelijkste :

— A : I en II, en III-IV als $D/\sqrt{C}$ groot is;
— B en D : verdieping I;
— C : verdieping II.

Trouwens, over het algemeen daalt de trillingssnelheid van de salvo's *h* niet wanneer de afstand D groter wordt (althans in het bestudeerde gebied). Moet dit niet in verband worden gebracht met het feit dat de horizontale mijnen vaak verbonden zijn met min of meer belangrijke « voeten » ?

5°) Slechts in richting A, bij de salvo's *v*, werd een toename van de snelheid volgens de diepteligging van de verdiepingen waargenomen. Dit is logisch, daar deze richting het dichtst bij de diepe verdiepingen ligt en meestal loodrecht staat op de schietfronten.

Dit werd niet bevestigd voor B en C en kon niet worden nagegaan voor D.

6°) De groeveuitbater dient vooral op het volgende te letten :

a) de salvo's *h*;
b) de beperking van $D/\sqrt{C_{max}}$, hetgeen er tenslotte op neerkomt C_{max} een redelijke waarde te geven, variërend volgens de richting;
c) de onmogelijkheid om de hoger uiteengezette wetten zonder voorbehoud te veralgemenen; daarom dienen, ingeval het springwerk grondig gewijzigd wordt, enkele aanpassingsmetingen verricht, om na te gaan of de wetten nog van toepassing zijn en eventueel de korrekties te bepalen die moeten aangebracht worden.

Evolution structurelle et conjoncturelle des cours du cuivre métal *

Jacques FEDERWISCH **

RESUME

L'analyse des séries chronologiques des cours du cuivre établies par divers auteurs est actualisée et complétée. Elle permet de dégager les tendances d'évolution future des cours du cuivre et les distorsions suivant les diverses places boursières. Il apparaît une tendance générale à la hausse des cours à laquelle s'ajoutent des variations cycliques sinusoïdales amorties.

La dispersion des cours est mesurée tant en termes annuels qu'en valeurs extrêmes au jour le jour.

L'influence des variations des taux de change des monnaies est soulignée.

En conclusion, l'impact des évolutions des cours du cuivre sur les économies des Etats est analysé et comparé aux tendances qui se dessinent des tentatives en cours de concertation entre pays producteurs et pays consommateurs.

Enfin, les modifications structurelles des cours sont évaluées pour tenir compte de la hausse des prix de revient technique et de l'influence croissante de la protection de l'environnement.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der chronologischen Serien der Kupferkurse, die von verschiedenen Verfassern festgelegt wurden, wird vergegenwärtigt und ergänzt. Aufgrund dieser Untersuchung kann der Trend der zukünftigen Entwicklung der Kupferkurse sowie die Verzerrungen je nach den verschiedenen Börsen herausgestellt werden.

SAMENVATTING

De analyse van de chronologische reeksen koperkoersen, verricht door diverse auteurs is up to date gemaakt en aangevuld. Zij maakt het mogelijk de tendens van de komende evolutie van de koperkoersen en de vervormingen volgens de diverse beurzen na te gaan. Het blijkt dat de koersen algemeen tendens hebben om te stijgen waarbij nog afgebroken cyclische sinusschommelingen komen.

De verspreiding van de koersen wordt zowel jaarlijks als in uiterste waarden per dag gemeten.

Er wordt nadruk gelegd op de invloed van de wisselkoersschommelingen van de munten.

Tot besluit wordt de weerslag van het verloop van de koperkoersen op de economie van de Staten geanalyseerd en vergeleken met de tendensen van de aan de gang zijnde pogingen tot overleg tussen de produktie- en de verbruikslanden.

Ten slotte worden de structurele koerswijzigingen geraamd om rekening te houden met de technische kostprijsstijging en de toenemende invloed van het leefmilieubehoud.

SUMMARY

The analysis of time series of copper prices recorded by various authors is updated and supplemented. This study reveals the future trends in the copper price and the distortions occurring at the various metal exchanges. We observe a general rising trend to which are added damped sinusoidal cyclical variations.

---

* Cette étude est toute personnelle et ne peut en aucun cas engager la Société qui emploie l'auteur.

** Ingénieur en Chef, Société de Traction et d'Electricité S.A., rue de la Science, 31 - B-1040 Bruxelles.

Eine allgemeine aufsteigende Tendenz der Kurse tritt zutage, und dazu kommen noch gedämpfte, sinusförmige, zyklische Schwankungen.

Die Streuung der Kurse wird sowohl in Jahresterminen als auch in äußersten Werten von Tag zu Tag gemessen.

Auf den Einfluß der Schwankungen der Umrechnungskurse wird besonders hingewiesen.

Zum Abschluß wird die Einwirkung der Kupferkursenentwicklung auf die Wirtschaft der Staaten unter die Lupe genommen bzw. mit den Tendenzen verglichen, die sich mit den derzeitigen Abredeversuchen zwischen Erzeuger- und Verbraucherländern abzeichnen.

Schließlich werden die strukturellen Kursänderungen eingeschätzt, damit die Erhöhung der Herstellungskosten sowie der zunehmende Einfluß des Umweltschutzes berücksichtigt werden.

The scatter of the prices is measured both in annual terms and in extreme daily values.

The effect of the changes in currency rates is stressed.

In conclusion, the article analyses the impact of the copper price trends on the national economies and compares it with the trends shown up in the course of attempts to achieve concertation between the producer countries and the consumer countries.

Finally, the article assesses the structural changes in the prices, to take account of the increase in the technical cost and the growing influence of the demands of environmental protection.

---

0. *INTRODUCTION*

01. *Objectifs*

L'« Essai de prévision à moyen terme des cours des métaux non ferreux » publié en 1956-1957 par E. Ventura [1] avait pour but essentiel :

— de retracer l'évolution des prix sur la période la plus étendue que les statistiques disponibles permettaient de couvrir convenablement ;

— de savoir si l'on pouvait, dans certaines limites de probabilités définies, tirer de l'évolution des cours dans le passé des bases rationnelles de prévision pour les cours futurs à moyen terme.

L'on se propose essentiellement trois axes de réflexion :

— l'actualisation de l'essai de Ventura, limité au problème du cuivre,

— une esquisse d'appréciation de l'impact du cuivre dans l'économie des Etats, compte tenu des tendances qui se dessinent dans le domaine des matières premières,

— une tentative de mesure de l'influence des cours des monnaies sur les prix pratiqués compte tenu de la localisation des lieux de négociation.

02. *Types de cours*

L'on peut distinguer :

— Le prix nominal (ou cours nominal), c'est-à-dire le prix pratiqué à un moment donné sur un marché donné.
Il y a peu d'intérêt à retenir cette valeur : les tendances dégagées de telles séries chronologiques enregistrent en effet en ordre principal la tendance fondamentale à la dépréciation monétaire [1].

— Le cours réel qui s'obtient en affectant le cours nominal d'un indice comparatif des situations économiques instantanées.
E. Ventura, en suivant Milton Gilbert, estime que l'indice du coût de la vie constitue l'approche la moins mauvaise de redressement, lorsque dans le phénomène étudié les salaires et les fournitures interviennent simultanément.

L'on a retenu les prix nominaux et cours réels enregistrés sur les marchés de

New York : il s'agit d'un *prix producteur* basé sur le prix de revient du produit ;

Londres : il s'agit d'un *cours de marché* établi en fonction de l'offre et de la demande ;

Paris

ainsi que partiellement, les prix pratiqués à Bruxelles.

La base des séries chronologiques est constituée par les cours moyens annuels afin d'éviter l'intervention de fluctuations saisonnières ; toutefois, une analyse complémentaire est proposée pour noter l'importance relative des écarts des cours maxima et minima enregistrés chaque année, mesurant ainsi la dispersion des cours.

03. *Données de base*

Les données de base sont constituées par diverses séries chronologiques

— d'une part, les cours nominaux pratiqués à New York : pour le cuivre domestique électrolytique FOB ;
Londres : pour les wirebars, en cotation unique jusqu'en 1953 et en cours vendeur comptant à partir de 1954 ;
Paris : pour le cuivre électrolytique du G.I.R.M. ;
Bruxelles : pour le cuivre électrolytique par la S.G.M. ;
— d'autre part, les indices des coûts de la vie aux U.S.A., en Grande-Bretagne, en France, et en Belgique tels qu'établis par les Autorités nationales.

Ces valeurs sont données en annexe I.

De plus, les évolutions des cours moyens annuels de change en US $ de la livre sterling, du franc français et du franc belge sont relevées en annexe II.

04. *Conclusions d'études antérieures*

041. *Etude de E. Ventura (1956-1957)*

Les conclusions essentielles de l'étude sont les suivantes [1] :

— Il convient d'observer tout d'abord l'allure très comparable des courbes tracées sur les trois marchés étudiés (New York, Londres, Paris).
— Le cuivre enregistre, après une phase longtemps descendante des prix réels, une allure paraissant ascendante depuis peu.
— L'étude statistique montre que la tendance à long terme est donnée par la relation suivante à New York en prix réel 1954 :

$$C_t = 0{,}0312\, t^2 - 2{,}329\, t + 62{,}01$$
$$t = 0 \text{ pour } 1899$$

— L'étude du périodogramme ne permet pas de mettre en évidence une période particulière.
On peut donc superposer au trend une variable aléatoire simple
X.f (t)
qui, pour la période 1899 - 1954, a la valeur suivante

moyenne	1
écart type	0,162
fréquence des observations distantes de la moyenne de moins de	
1 écart type	79 %
2 écarts-types	92 %
3 écarts-types	100 %

E. Ventura en déduit des prévisions pour 1964 en prix réels, valeur 1954.

probabilité	79 %	35,5	à	49,3 cts/lb
	92 %	28,7	à	56,1 cts/lb

— Le prix moyen pour la période 1960-1964 est évalué à
39,2 cts/lb (moyenne quinquennale valeur 1954).
— Procédant à l'étude statistique du rapport du cours d'une année en cours de l'année précédente, on observe, pour la période de 1882 à 1955, que ce rapport répond à une loi logarithmo-normale.
Le cours réel moyen de 1956 s'élève à 38,4 cts/lb (valeur 1954) ; le cours moyen quinquennal de 1960 à 1964 estimé en valeur de 1954 est dès lors :
au seuil de probabilité de 68 % :
28,6 à 61,0 cts/lb
au seuil de probabilité de 95 % :
19,5 à 89,2 cts/lb
— E. Ventura observe que l'intervalle de confiance ainsi relevé est très grand et constate que « la prévision n'est donc guère possible dans des conditions plus satisfaisantes par l'emploi de l'outil statistique que par le seul recours à l'intuition. Encore faut-il bien reconnaître que nous émettons un diagnostic chiffré dans la mesure où nous donnons 15 % de chances environ que le cours du cuivre ne descende pas au-dessous de 26 cts/lb. Fournir ainsi un seuil permettant de conclure avec 85 % de chances de ne pas se tromper, c'est pensons-nous, déjà un résultat digne d'intérêt. »

Afin de juger de la valeur de ces estimations, on peut aujourd'hui comparer à celui-ci les cours pratiqués, soit en moyenne quinquennale pour la période 1960-1964 de 25,716 cts/lb (valeur 1954).

On doit en conclure que le seuil minimum de 28,6 cts/lb proposé par E. Ventura au seuil de 68 % est légèrement dépassé. Toutefois, la moyenne observée reste dans les limites de 95 %. Il faut en rechercher l'explication dans les réserves formulées par l'auteur lui-même :

« Nous avons procédé en détruisant systématiquement une organisation de la série temporelle qui existe certainement. En substituant des moyennes annuelles aux cours successifs, nous détruisons en effet une certaine organisation ; d'autre part, nous nous contentons des corrélations d'une moyenne annuelle à une autre négligeant ainsi toute possibilité de cycle qui ne soit pas obligatoirement un nombre entier d'années. Enfin, nous ne nous sommes pas interrogés sur les séquences de phases qu'il eût été

tout à fait intéressant d'étudier de plus près... Nous sommes convaincus qu'une analyse plus fine de la série chronologique serait hautement fructueuse, car elle permettrait très certainement de réduire la plage d'incertitude. »[1]

042. *Etude de G. Perrineau* (1974-1975)

Une étude récente compare les prix des métaux non ferreux en France et aux USA depuis 1950[6].

D'une manière générale, elle souligne l'existence d'un décalage entre le taux de change et le pouvoir d'achat réel comparé des monnaies.

En particulier pour le cuivre, les conclusions sont les suivantes :

— Aux USA, une tendance à la croissance des cours de 2 % par an en monnaie constante se manifeste, alors que les fluctuations des moyennes annuelles de part et d'autre de cette courbe n'excèdent guère ± 15 %, avec un écart moyen en valeur absolue de 10 %.
— La courbe du prix français marque une instabilité considérable. S'il y a tendance à long terme à une croissance du prix en francs constante, elle n'est pas nette et n'excède pas 0,5 % par an, alors que la fluctuation atteint ± 30 % de part et d'autre de la courbe moyenne, avec un écart moyen en valeur absolue de 15 % du prix.
— La comparaison met en évidence le handicap énorme des producteurs situés hors de la zone dollar par rapport aux producteurs de la zone dollar.

1. *ANALYSE DES CHRONIQUES*

11. *Cours moyens annuels*

111. *Séries chronologiques*

L'annexe I donne le relevé systématique des cours réels du cuivre métal sur les quatre places boursières retenues. Ils sont établis en considérant comme référence la situation économique de 1974 ; la relation considérée est la suivante :

$$C_n = CR_n \times (i_{74}/i_n)$$

dans laquelle

C_n symbolise le cours réel (valeur 1974)
CR_n représente le cours nominal en valeurs du jour
i_n est l'indice du coût de la vie pour l'année n
i_{74} est l'indice du coût de la vie en 1974.

Les séries chronologiques sont données

— pour les Etats-Unis en cts/lb
— pour la Grande-Bretagne en £/long ton
— pour la France en NFF/kg
— pour la Belgique en FB/kg.

« Une rigueur totale n'est pas possible dans ce genre d'étude. En particulier la position relative des courbes est influencée par la base 100 prise comme référence. »[4] Rien ne prouve en effet que les valeurs moyennes des prix dans chaque pays calculées en 1974 reflètent les rapports exacts entre les valeurs économiques, « ni même que ces rapports soient constants dans le temps (c'est sans doute le contraire qui est vrai). Mais faute de pouvoir apprécier correctement ce que peut être la valeur économique, il faut bien se contenter de l'arbitraire introduit par le choix d'une référence »[4].

L'examen des séries chronologiques (fig. 1) met en évidence certains faits significatifs d'orientation :

— une tendance générale croissante des divers cours depuis 1930 ;
— une plus grande régularité dans la croissance à New York ;
— un parallélisme d'évolution entre les cours des trois autres places boursières, particulièrement remarquable de 1946 à 1958 et depuis 1964 ;
— une sensibilité assez forte aux événements mondiaux politiques et économiques à Londres, Paris et Bruxelles.

Comme l'avait déjà remarqué Ventura, il n'est pas possible de dégager des orientations moins générales d'une analyse statistique plus poussée de ces séries.

A titre d'orientation, on peut dresser l'histogramme des cours

— sur l'ensemble des séries (fig. 2) ;
— sur des séries limitées depuis 1950 (fig. 3).
Cette dernière information permet une utile comparaison des diverses places boursières en analyse globale.

Durant le dernier quart de siècle, on note ainsi

	le cours médian	le cours le plus fréquent
aux Etats-Unis	55,— cts/lb	52,50 cts/lb
en Grande-Bretagne	667 £/long ton	475 £/long ton
en France	6,917 NF/kg	6,750 NF/kg
en Belgique	62,50 FB/kg	57,50 FB/kg

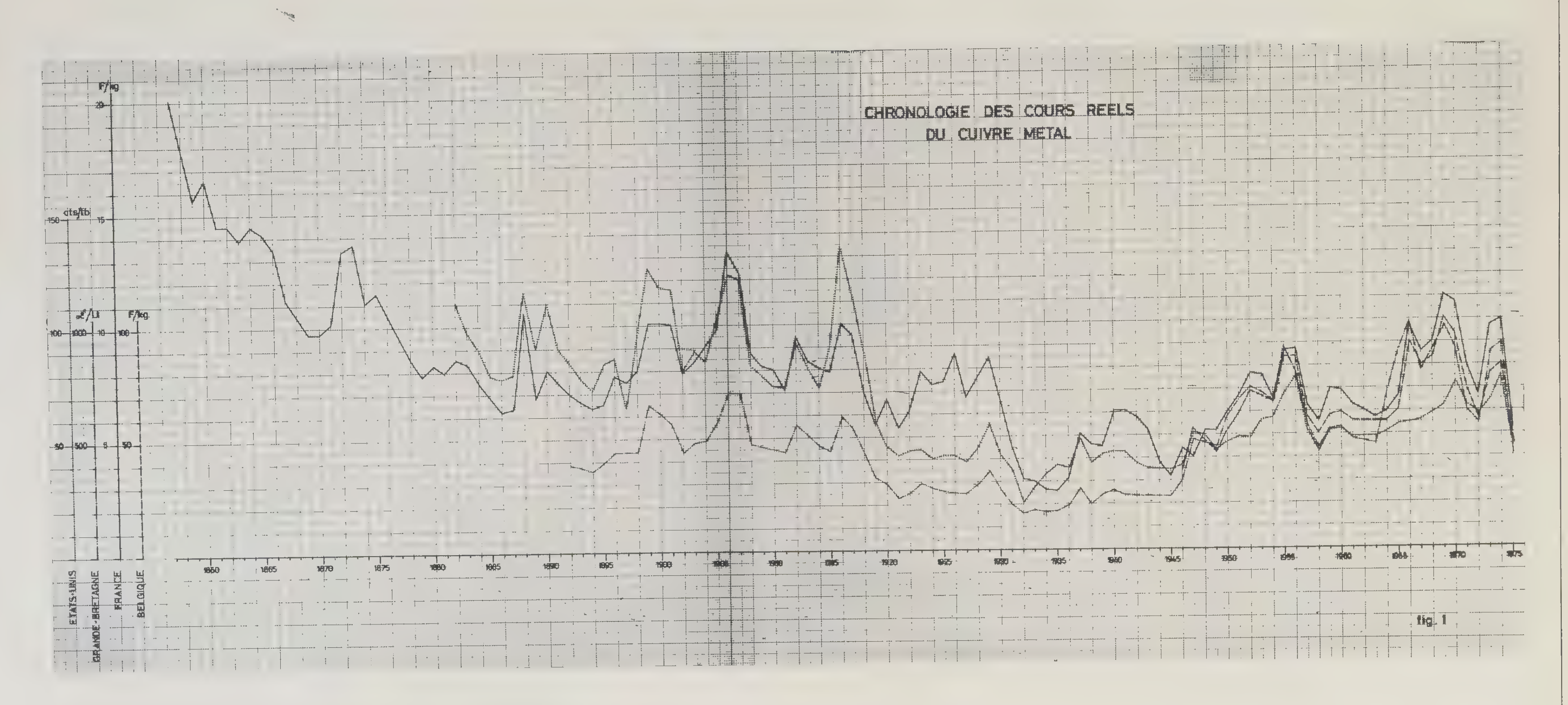


Fig. 1 — Chronologie des cours réels du cuivre métal.

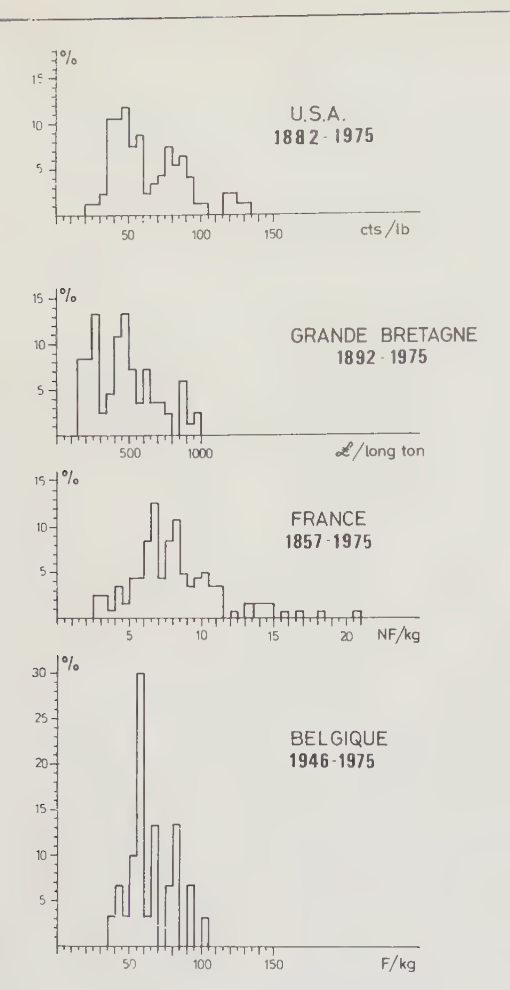


Fig. 2. — Histogrammes des fréquences des cours réels depuis l'origine des observations.

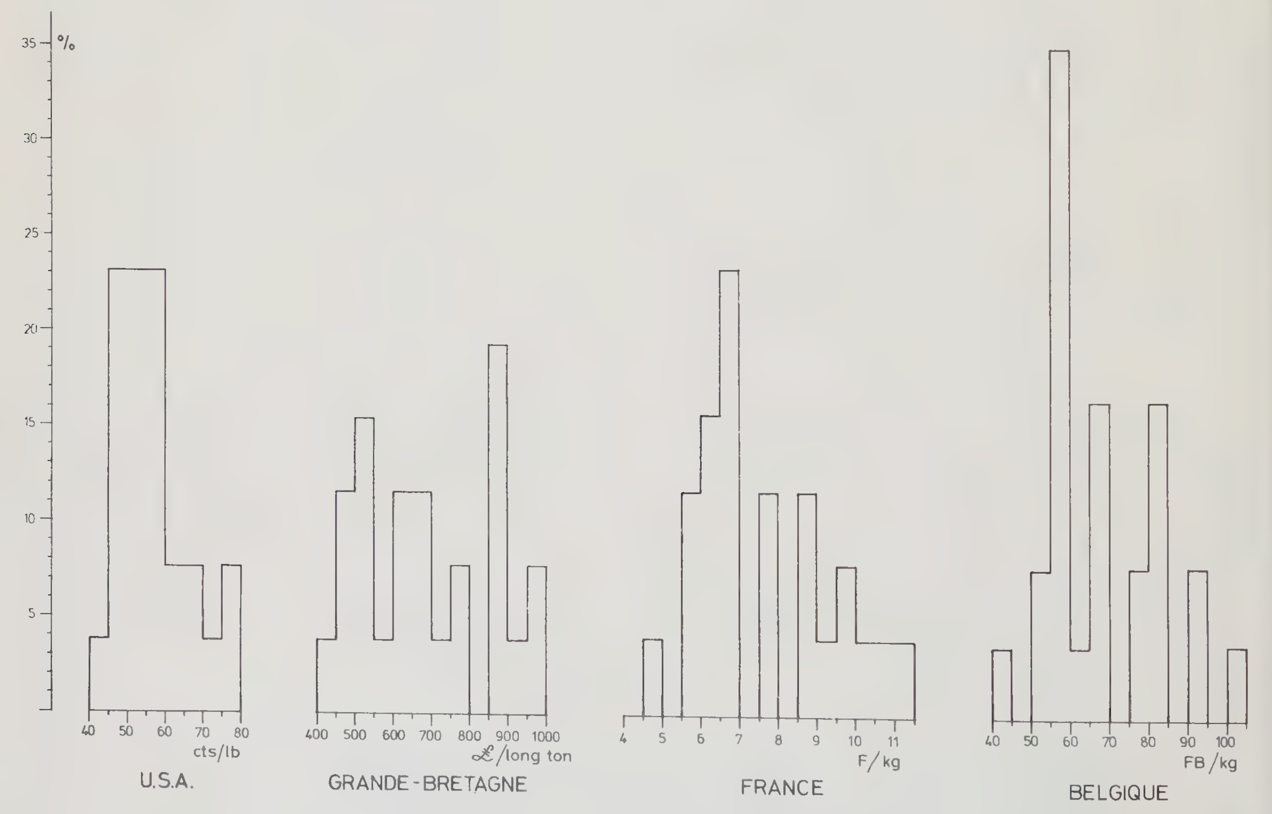


Fig. 3. — Histogrammes des fréquences des cours réels de 1950 à 1975.

La courbe de distribution des fréquences est

— pseudo-normale aux Etats-Unis ;
— pseudo-logarithmo-normale en France et en Belgique ;
— bimodale en Grande-Bretagne composée d'une courbe pseudo-logarithmo-normale aux cours bas et pseudo-normale aux cours plus élevés.

112. *Influence des taux de change*

On peut tenter l'évaluation d'une parité économique des monnaies basée

— sur le cours médian

1 US $ vaudrait	0,54 £ sterling	
	51,55 FB	
	5,71 NFF	
ou réciproquement		
100 FB représenteraient		1,94 US $
1 £ sterling représenterait		1,85 US $
10 NFF représenteraient		1,75 US $

— sur le cours le plus fréquent

1 US $ vaudrait	0,40 £ sterling	
	49,68 FB	
	5,83 NFF	
ou réciproquement		
100 FB représenteraient		2,01 US $
1 £ sterling représenterait		2,47 US $
10 NFF représenteraient		1,71 US $

La moyenne des cours de change durant la même période est la suivante :

100 FB permettent d'acquérir	2,0939 US $
1 £ sterling permet d'acquérir	2,6784 US $
10 NFF permettent d'acquérir	2,2836 US $

En termes d'échanges, il apparaît dès lors par rapport au cours des monnaies, une distorsion négative de

sur base du cours	le plus fréquent	médian
	4,01 % en FB	7,35 % en FB
	7,78 % en £ st.	30,93 % en £ st.
	25,12 % en FF	23,37 % en FF

Cette distorsion est spécifique des pays, mais peut cependant être corrigée en fonction de la valeur d'achat de la monnaie ; l'indice moyen du coût de la vie de 1950 à 1975 exprimé par référence à 1974 est égal à

66,91 aux U.S.A.
55,04 en Grande-Bretagne
57,57 en France
64,95 en Belgique.

En termes de pouvoir d'achat aux U.S.A., les valeurs monétaires au cours de change deviennent les suivantes :

100 FB =
2,0939 × 64,95/66,91 US $ = 2,0326 US $

1 £ sterling =
2,6784 × 55,04/66,91 US $ = 2,2027 US $

10 NFF =
2,2836 × 57,57/66,91 US $ = 1,9648 US $

Les conclusions précédentes sont pratiquement maintenues pour le FB et le FF, mais les distorsions sont plus faibles (sur base du cours le plus fréquent, elles sont réduites de 4,01 % à 1,11 % en FB et de 25,12 % à 12,96 % en FF) ; en ce qui concerne la Grande-Bretagne, la distorsion change de signe (de — 7,78 % elle devient + 12,14 %).

Tout ceci montre l'importance des parités monétaires dans l'interprétation des valeurs des cours.

12. *Variations annuelles des cours*

Les imprécisions maintenues en conclusion de l'analyse des séries chronologiques suggèrent de reprendre en complément certains aspects de la méthodologie décrite par E. Ventura.

Au lieu d'analyser les chronologies des cours moyens, on peut tenter l'analyse des variations annuelles des cours et l'examen conséquent des rapports d'un cours réel annuel moyen au cours de l'année précédente.

Ceci apporte également l'avantage de permettre aisément la comparaison des diverses places boursières.

Les tableaux présentés en annexe I donnent le rapport des cours

$$\frac{C_n}{C_{n-1}}$$

établis sur la base des cours réels, c'est-à-dire en intégrant les corrections relatives au pouvoir d'achat.

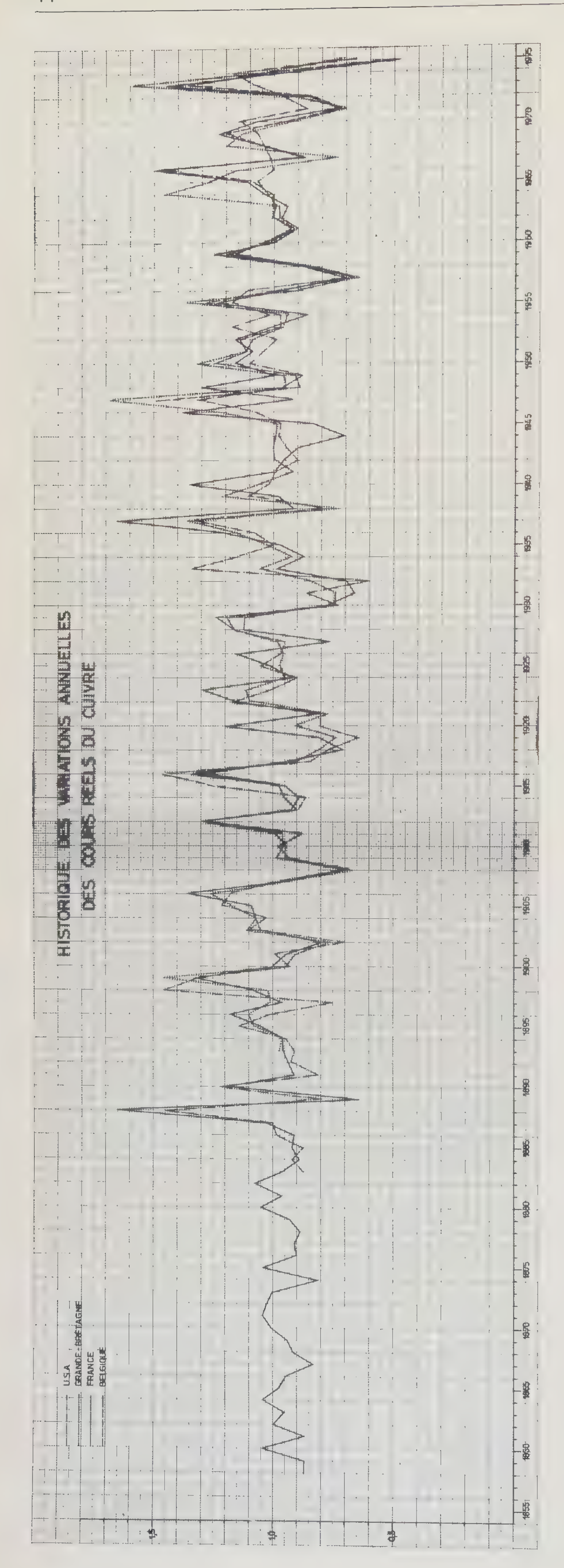
La figure 4 décrit l'historique de ces rapports ; certaines conclusions décrites lors de l'analyse des séries chronologiques des cours se rencontrent d'évidence notamment en ce qui concerne le parallélisme des variations, mais en plus on note

— une tendance dégressive du rapport C_n/C_{n-1} jusqu'en 1935,
— une tendance croissante depuis 1945.

Une première interprétation visuelle tenterait de conclure au maintien dans l'avenir de cette tendance malgré des phénomènes erratiques d'amplitude relativement importante constatés depuis 1965.

La bourse de New York paraît la moins irrégulière, tandis que les variations enregistrées au L.M.E. sont d'ampleur généralement plus élevée.

Une analyse plus fine peut être entreprise en traçant l'histogramme des variations annuelles des cours réels du cuivre :



— pour toute la période d'observation, bien que les séries soient de longueur différente (fig. 5) ;
— pour la période 1950-1975 où la série est de même longueur pour chaque bourse (fig. 6).

D'une manière synthétique, les observations de l'analyse peuvent être résumées comme l'indique le tableau I.

Les tests statistiques classiques ne permettent pas d'infirmer l'hypothèse que la moyenne du rapport C_n/C_{n-1} est égale à l'unité. Ceci tendrait à conclure à une stabilité tendancielle des cours.

Une analyse plus fine met cependant en évidence une tendance

— à la hausse du rapport pour toutes les places boursières, sauf au L.M.E. ;
— à un accroissement de l'étalement statistique des rapports de cours en Grande-Bretagne et en Belgique, un rétrécissement aux Etats-Unis et en France.

La constatation statistique complémentaire du non-rejet de l'hypothèse d'une similitude d'évolution des cours sur les quatre places depuis 1950 permet d'accepter une évolution statistique moyenne ; les paramètres directeurs de cette loi globale sont dès lors les suivants (tableau II).

Les conclusions sont dès lors évidentes :

— le rapport d'un cours nominal au cours d'une année précédente est déterminé en moyenne par la relation

$$C_n = 1{,}005\ C_{n-1}$$

soit une croissance annuelle de 5 ‰
— il y a cependant 68 % de chances pour que ce rapport soit compris entre les valeurs suivantes

$$0{,}854\ C_{n-1} \leqslant C_n \leqslant 1{,}185\ C_{n-1}$$

— il y a, d'autre part, 95 % de chances pour qu'il soit compris entre les limites

$$0{,}750\ C_{n-1} \leqslant C_n \leqslant 1{,}407\ C_{n-1}$$

Le plus fondamentalement, *la croissance des cours est certaine :* l'importance des dispersions aux divers seuils de probabilité ne permet que des conclusions peu utiles.

L'on est dès lors tenté de rechercher, par la méthode des moyennes mobiles, l'existence de variations cycliques dans l'évolution des rapports des cours.

Celles-ci sont démontrées, comme en témoigne la figure 7.

Fig. 4. — Historique des variations annuelles des cours réels du cu

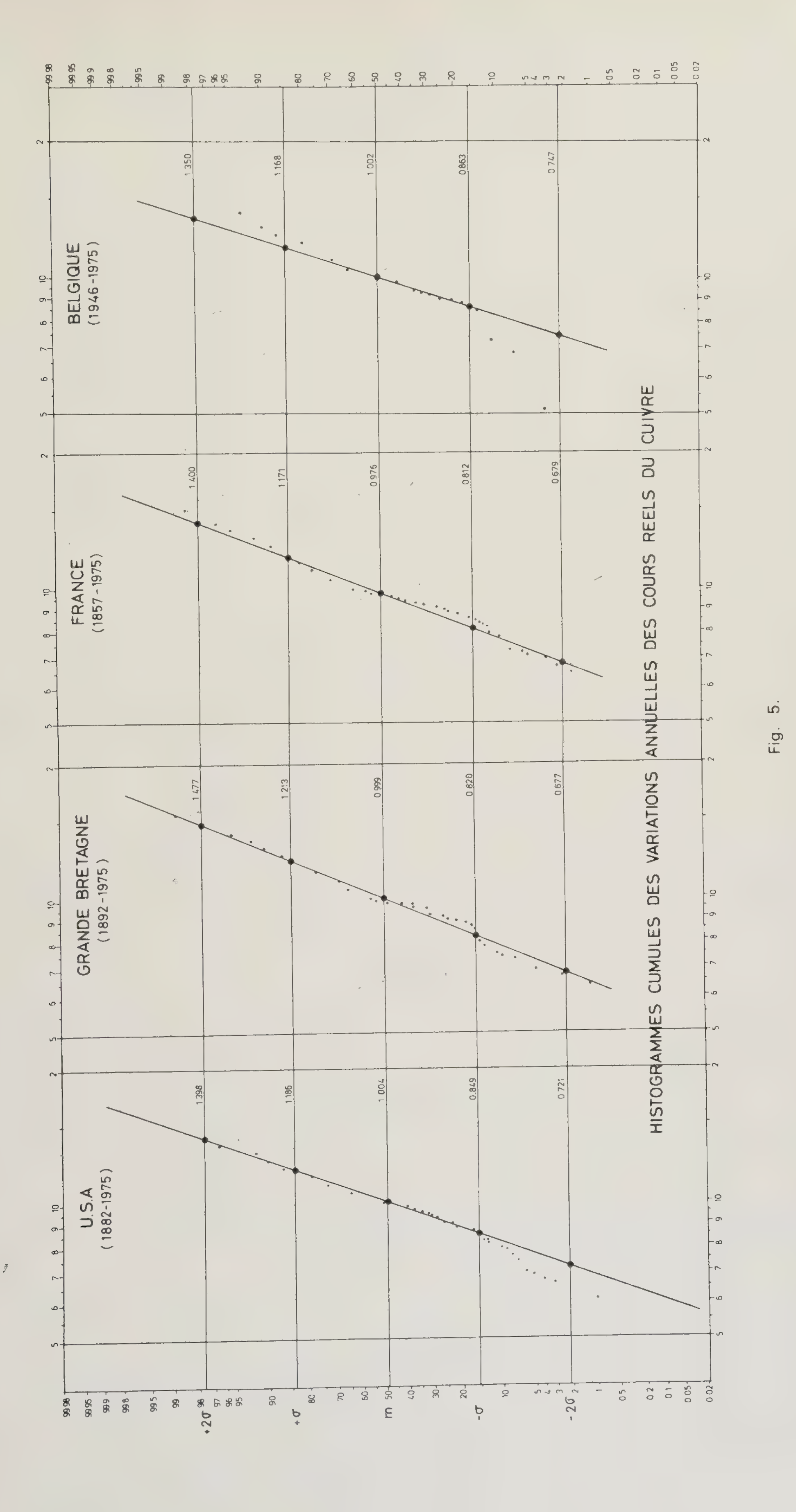

HISTOGRAMMES CUMULES DES VARIATIONS ANNUELLES DES COURS REELS DU CUIVRE
U.S.A
(1882-1975)
GRANDE BRETAGNE
(1892-1975)
FRANCE
(1857-1975)
BELGIQUE
(1946-1975)
+2σ
+σ
m
-σ
-2σ
1.398
1.186
1.004
0.849
0.721
1.477
1.213
0.999
0.820
0.677
1.400
1.171
0.976
0.812
0.679
1.350
1.168
1.002
0.863
0.747

Fig. 5.

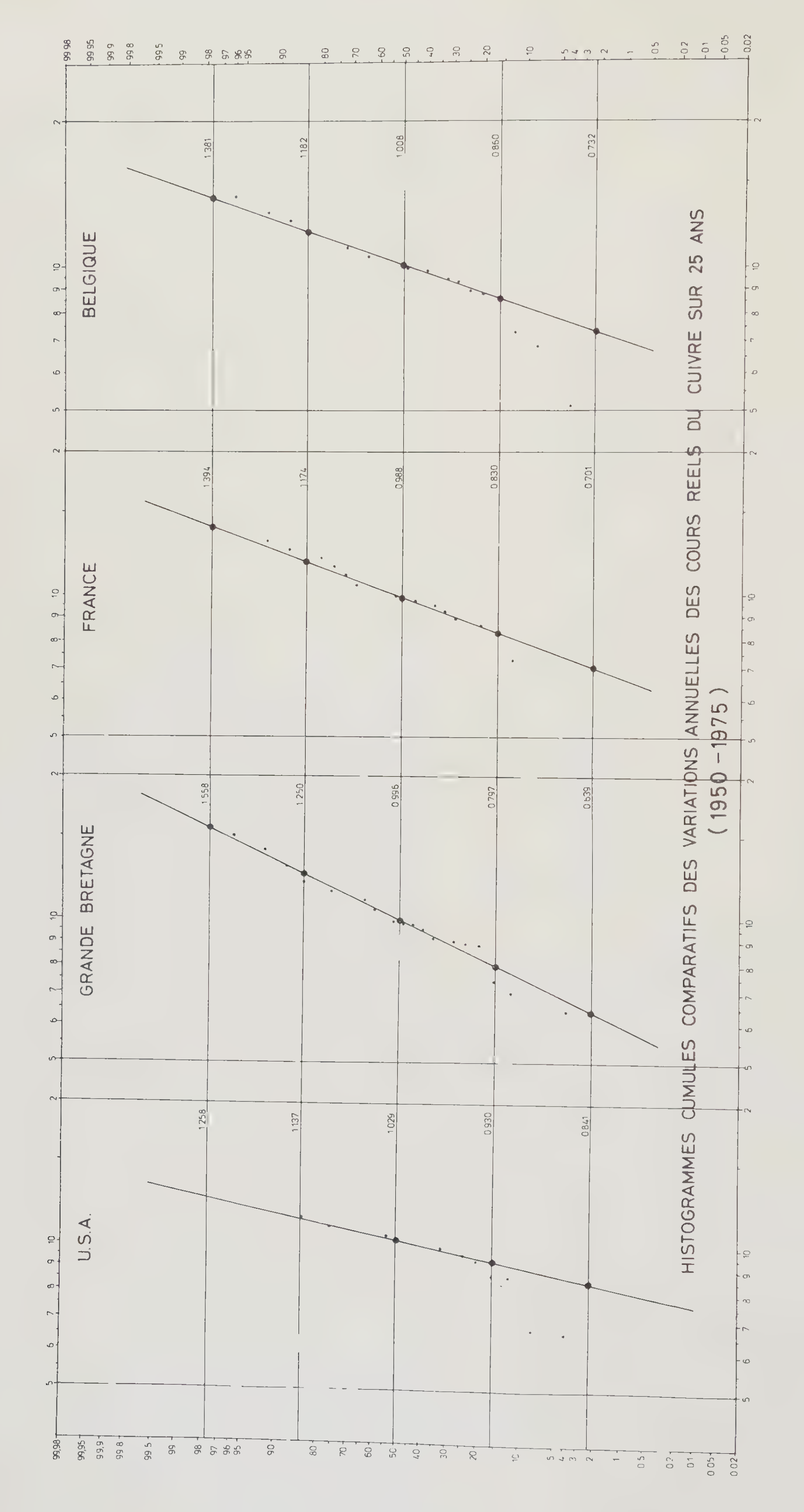

HISTOGRAMMES CUMULES COMPARATIFS DES VARIATIONS ANNUELLES DES COURS REELS DU CUIVRE SUR 25 ANS
(1950 - 1975)
BELGIQUE
1.381
1.182
1.008
0.860
0.732
FRANCE
1.394
1.174
0.988
0.830
0.701
GRANDE BRETAGNE
1.558
1.250
0.996
0.797
0.639
U.S.A.
1.258
1.137
1.029
0.930
0.841

Fig 6.

Tableau I. — Valeur du rapport C du cours d'une année C_n au cours de l'année précédente C_{n-1}

	m — σ	m	m + σ	— σ	+ σ
U.S.A.					
1882 — 1975	0,849	1,004	1,186	0,155	0,182
1950 — 1975	0,930	1,029	1,137	0,099	0,108
GRANDE-BRETAGNE					
1892 — 1975	0,820	0,999	1,213	0,179	0,214
1950 — 1975	0,797	0,996	1,250	0,199	0,254
FRANCE					
1857 — 1975	0,812	0,976	1,171	0,164	0,195
1950 — 1975	0,830	0,988	1,174	0,158	0,186
BELGIQUE					
1946 — 1975	0,863	1,002	1,168	0,139	0,162
1950 — 1975	0,860	1,008	1,182	0,148	0,174

Tableau II. — Paramètres directeurs de la loi statistique moyenne des rapports des cours

m — 2 σ		m — σ		m		m + σ		m + 2 σ
0,750	0,104	*0,854*	0,151	*1,005*	0,180	*1,185*	0,222	*1,407*

On note simultanément :

— une confirmation de la tendance moyenne à la hausse des cours,
— des variations cycliques de forme sinusoïdale amortie,
— une périodicité basée sur un cycle de 14,4 ans.

La droite enveloppe des sommets maxima a pour équation

$$\left(\frac{C_n}{C_{n-1}}\right) \text{ max.} = 5{,}556 \ 10^{-4}. \ t + 1{,}0833$$

La droite enveloppe des sommets minima a pour équation

$$\left(\frac{C_n}{C_{n-1}}\right) \text{ min.} = 11{,}76 \ 10^{-4}. \ t + 0{,}9206$$

La tendance moyenne est régie par la relation

$$\left(\frac{C_n}{C_{n-1}}\right) \text{ moy.} = 8{,}83 \ 10^{-4}. \ t + 0{,}9940$$

Dans ces relations t = 0 en 1950.

Si l'on admet de telles variations, les lois statistiques conduisent à admettre les seuils suivants :

Seuil de probabilité	Minimum	Maximum
68 %	0,913 C_{n-1}	1,087 C_{n-1}
95 %	0,802 C_{n-1}	1,291 C_{n-1}

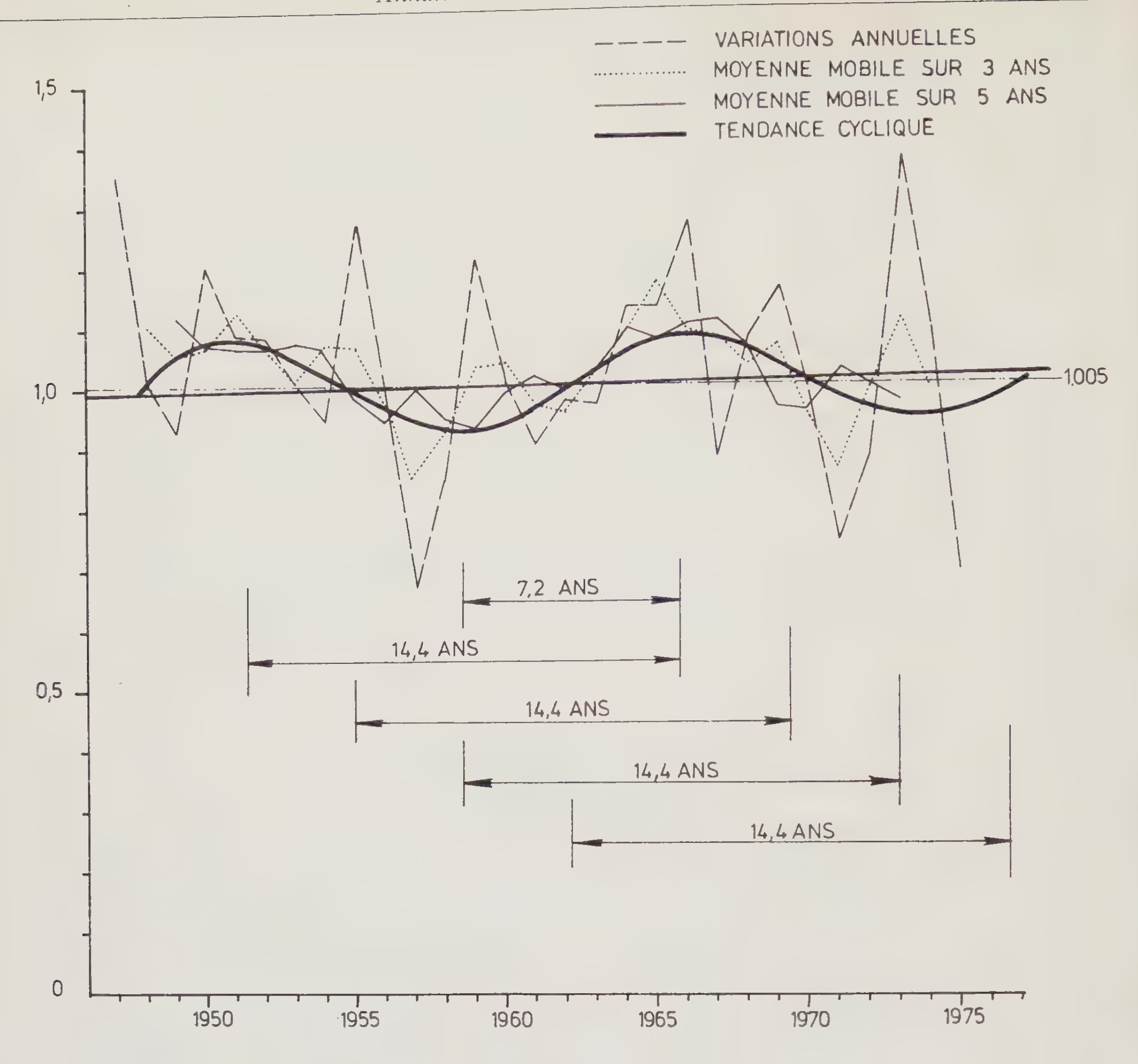


Fig. 7. — Tendances d'évolution des variations annuelles des cours réels du cuivre.

13. *Cours extrêmes*

Autour des moyennes annuelles, les cours présentent des oscillations journalières très importantes.

On peut apprécier l'ampleur du phénomène en considérant les écarts entre les cours maxima et minima, d'une part, le cours moyen annuel, d'autre part. Une comparaison des bourses des métaux est aisée dans la mesure où ces écarts s'expriment en valeur relative par rapport à la valeur moyenne.

L'examen de la figure 8 montre clairement que :

— les écarts relatifs les plus faibles s'enregistrent traditionnellement à New York ;
— les écarts relatifs les plus élevés se notent d'une manière quasi générale au L.M.E. ;
— les écarts relevés en valeur relative à Bruxelles peuvent être considérés, en première approximation, comme étant pratiquement équivalents à la moyenne des écarts enregistrés à New York et à Londres.

Une première approche qualitative peut être déduite de l'examen de la figure 9 ; on observe ainsi que

— ou bien la fréquence des écarts entre les cours maxima et la moyenne et celle des écarts entre les cours moyens et minima se compensent (bourse de Bruxelles) ;
— ou bien il y a une tendance faible (bourse de New York) ou au contraire très prononcée (L.M.E.) en faveur d'une plus grande fréquence d'amplitude des cours maxima.

Ce phénomène se réduit fortement (fig. 10) si l'on limite l'analyse aux cours enregistrés durant les 25 dernières années (de 1950 à 1975).

Si, afin de réaliser une homogénéité statistique des observations, on poursuit l'analyse de ce dernier

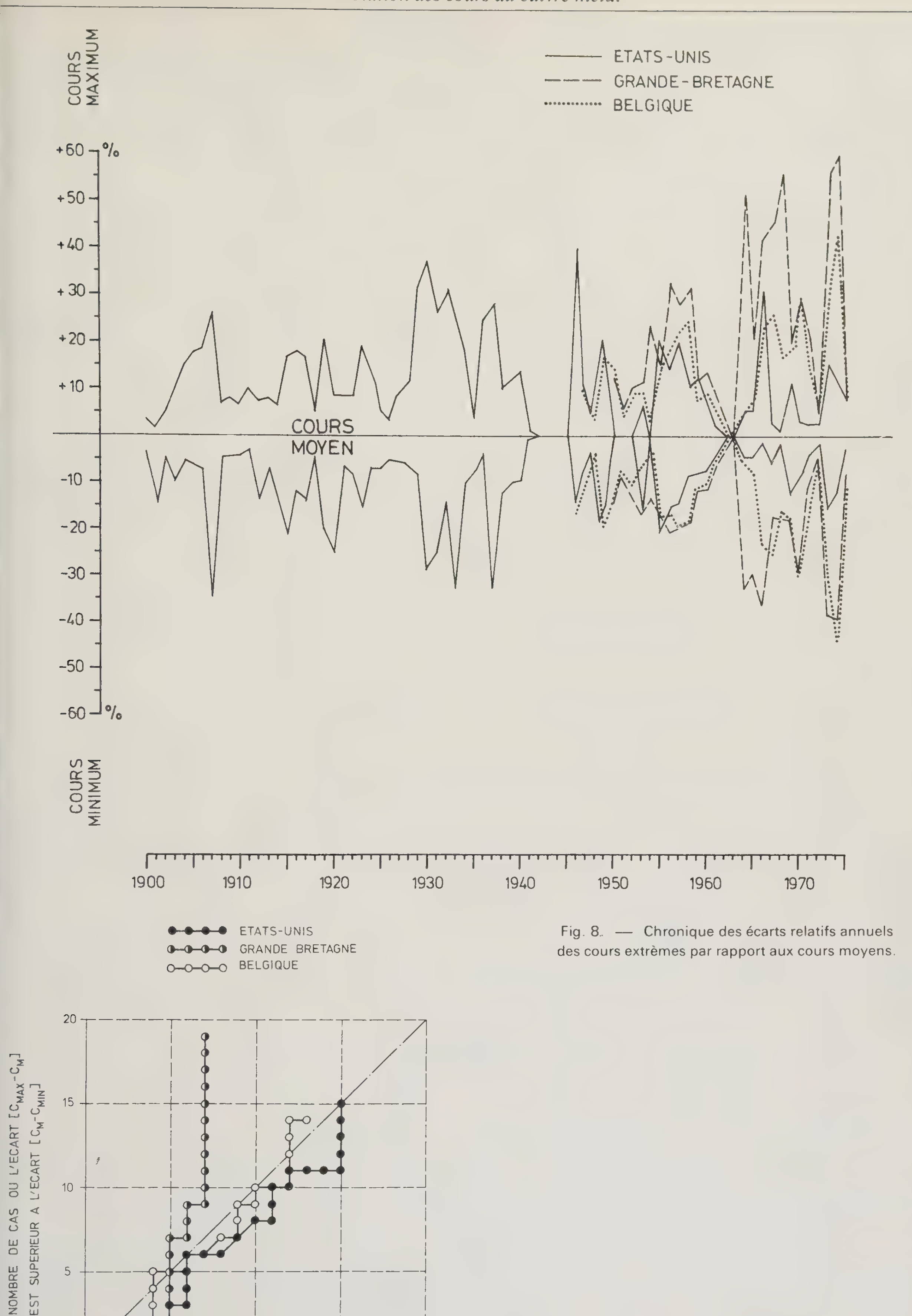


Fig. 8. — Chronique des écarts relatifs annuels des cours extrèmes par rapport aux cours moyens.

Fig. 10. — Tendance globale comparée des écarts relatifs des cours (1950-1975).

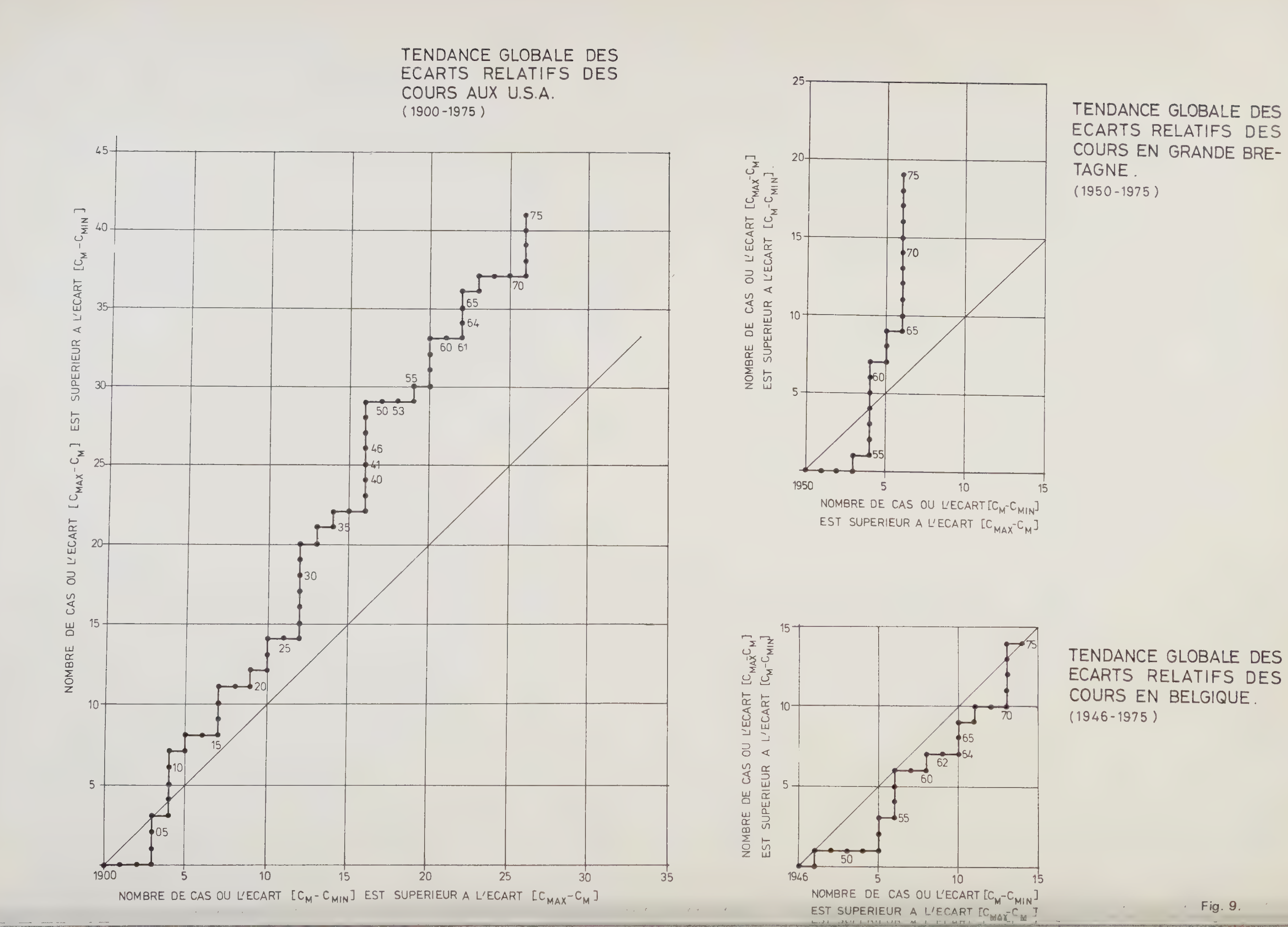

TENDANCE GLOBALE DES ECARTS RELATIFS DES COURS AUX U.S.A.
(1900-1975)
NOMBRE DE CAS OU L'ECART [CMAX-CM] EST SUPERIEUR A L'ECART [CM-CMIN]
NOMBRE DE CAS OU L'ECART [CM-CMIN] EST SUPERIEUR A L'ECART [CMAX-CM]
TENDANCE GLOBALE DES ECARTS RELATIFS DES COURS EN GRANDE BRETAGNE.
(1950-1975)
NOMBRE DE CAS OU L'ECART [CMAX-CM] EST SUPERIEUR A L'ECART [CM-CMIN].
NOMBRE DE CAS OU L'ECART [CM-CMIN] EST SUPERIEUR A L'ECART [CMAX-CM]
TENDANCE GLOBALE DES ECARTS RELATIFS DES COURS EN BELGIQUE.
(1946-1975)
NOMBRE DE CAS OU L'ECART [CMAX-CM] EST SUPERIEUR A L'ECART [CM-CMIN]
NOMBRE DE CAS OU L'ECART [CM-CMIN] EST SUPERIEUR A L'ECART [CMAX-CM]

Fig. 9.

quart de siècle, on constate que les écarts maxima et minima se répartissent suivant des lois pseudo-logarithmo-normales spécifiques des diverses bourses considérées. Les caractéristiques essentielles de l'analyse statistique graphique (fig. 11) sont données au tableau III.

En conséquence, en % de la valeur moyenne des cours enregistrés à chaque place, les cours extrêmes sont donnés au tableau IV.

La tension entre cours extrêmes au seuil de probabilité de 90 % est ainsi

— à New York 1,43
— à Londres 2,28
— à Bruxelles 2,07

et ce, au cours d'une même année (fig. 12).

Cette importance relative des cours met en évidence la nécessaire prudence avec laquelle il y a lieu de retenir les conclusions d'une analyse des chroniques de cours annuels moyens.

14. *Tentative d'approche prospective*

141. *Conclusions*

Avec une extrême prudence, l'on devrait pouvoir tenter une estimation prospective de l'évolution des cours. On se réfèrera pour ce faire

— aux variogrammes des cours définis sur une base moyenne des observations quart-séculaires récentes,

— aux dispersions relevées autour de cette moyenne.

La figure 13 décrit la loi d'évolution prospective des rapports moyens des cours moyens réels.

L'examen des chroniques permet d'admettre que la moyenne des années 1971 à 1973 donne un rapport moyen $C_n/C_{n-1} = 1$.

Durant cette période, le cours réel moyen (valeur 1974) s'établit à 62,55 cts/lb.

Le tableau V décrit l'évolution prospective des cours moyens.

Tableau III. — Conclusion de l'analyse statistique des écarts des cours (1950-1975)

	U.S.A. (New York)		Grande-Bretagne (L.M.E.)		Belgique (Bruxelles)	
Cours	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum	maximum
Ecart relatif moyen	— 5,82 %	+ 5,82 %	—16,01 %	+20,80 %	—13,17 %	+13,17 %
90 % des écarts relatifs sont inférieurs ou égaux à	—16,48 %	+19,45 %	—34,80 %	+48,40 %	—30,50 %	+43,85 %
99 % des écarts relatifs sont inférieurs ou égaux à	—26,51 %	+34,60 %	—56,70 %	+ 73,40 %	—54,00 %	+93,50 %

Tableau IV. — Valeurs relatives des cours extrêmes

	U.S.A. (New York)		Grande Bretagne (L.M.E.)		Belgique (Bruxelles)	
Cours	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum	maximum
au seuil de probabilité de 50 %	94,18 %	105,82 %	83,99 %	120,80 %	86,83 %	113,17 %
68 %	88,50 %	112,51 %	79,05 %	124,40 %	80,17 %	124,95 %
90 %	83,52 %	119,45 %	65,20 %	148,40 %	69,50 %	143,85 %
95 %	80,53 %	123,65 %	59,55 %	155,80 %	62,85 %	157,40 %
99 %	73,49 %	134,60 %	43,30 %	173,40 %	46,00 %	193,50 %

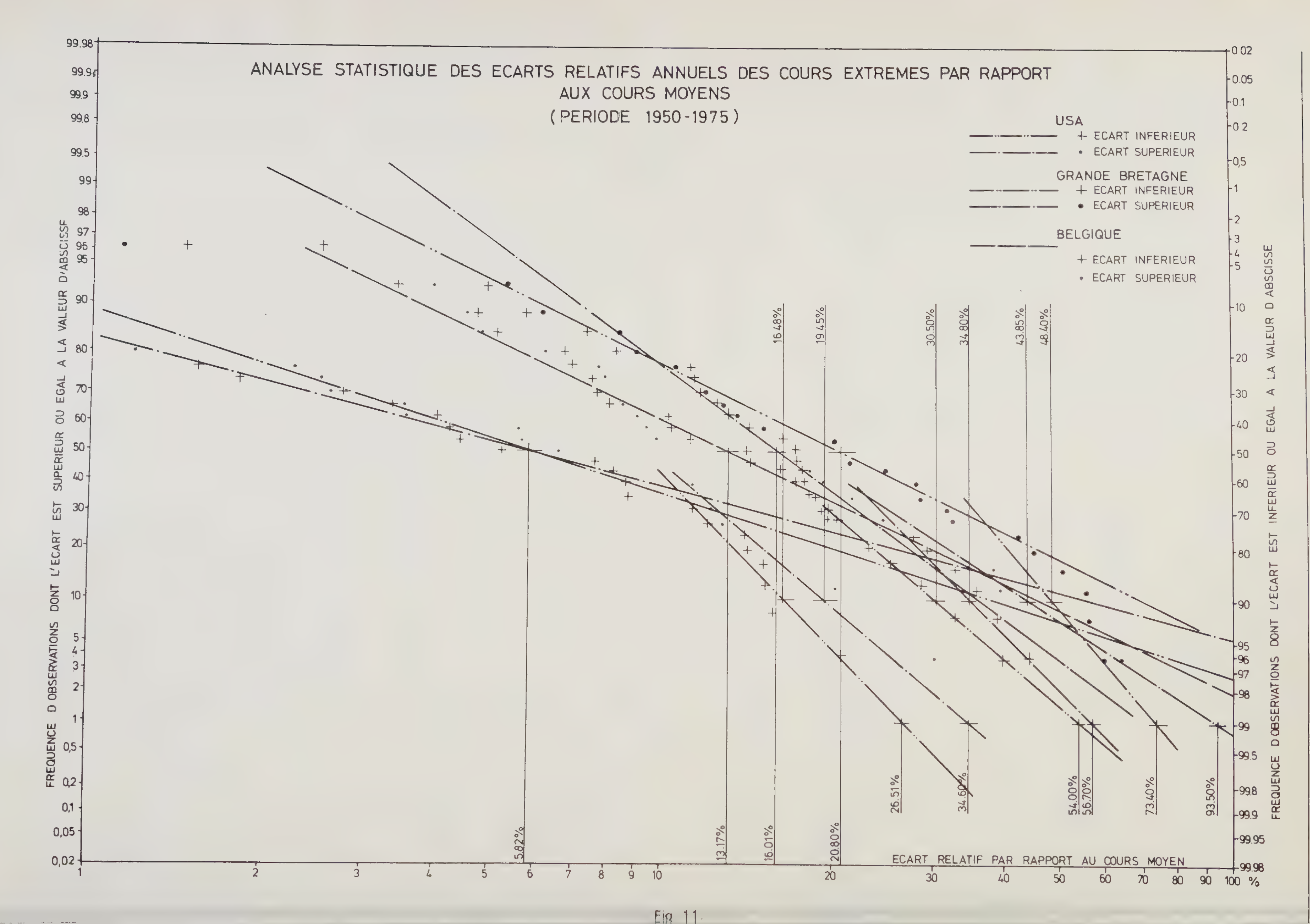

ANALYSE STATISTIQUE DES ECARTS RELATIFS ANNUELS DES COURS EXTREMES PAR RAPPORT
AUX COURS MOYENS
(PERIODE 1950-1975)
USA
ECART INFERIEUR
ECART SUPERIEUR
GRANDE BRETAGNE
ECART INFERIEUR
ECART SUPERIEUR
BELGIQUE
ECART INFERIEUR
ECART SUPERIEUR
FREQUENCE D OBSERVATIONS DONT L'ECART EST SUPERIEUR OU EGAL A LA VALEUR D'ABSCISSE
FREQUENCE D OBSERVATIONS DONT L'ECART EST INFERIEUR OU EGAL A LA VALEUR D ABSCISSE
ECART RELATIF PAR RAPPORT AU COURS MOYEN
16.48%
19.45%
30.50%
34.80%
43.85%
48.40%
5.82%
13.17%
16.01%
20.80%
26.51%
34.60%
54.00%
56.70%
73.40%
93.50%

Fig. 11.

Tableau V. — Evolution prospective des cours moyens

en cts/lb (valeur 1974)

	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$	C_n
1972		62,62
1973	0,947	59,30
1974	0,961	56,40
1975	0,962	54,25
1976	0,982	53,27
1977	1,021	54,40
1978	1,060	57,66
1979	1,087	62,67
1980	1,098	68,82
1981	1,093	75,22
1982	1,062	79,88
1983	1,022	81,64
1984	0,998	81,47
1985	0,983	80,09

L'on retiendra de plus les écarts relevés aux divers seuils de probabilité, qui permettent d'estimer les limites de confiance de la moyenne des cours.

Le tableau VI décrit l'évolution prospective des cours maxima et des cours minima.

Il ne faut pas négliger par ailleurs le fait que des cours extrêmes peuvent être enregistrés au jour le jour.

Les coefficients statistiques définis antérieurement sont appliqués aux cours minima exprimés ci-avant au seuil de 95 %.

Tableau VII. Cours extrêmes au jour le jour

en cts/lb (valeur 1974)

	Minimum	Maximum
1976	39,04	86,60
1977	34,40	85,03
1978	35,14	86,84
1979	37,24	92,05
1980	40,47	100,05
1981	44,44	109,86
1982	48,58	120,08
1983	51,59	127,52
1984	52,73	130,33
1985	52,61	127,85

La figure 14 présente la synthèse des évaluations ; elle est relative aux cours prospectifs à New York où la stabilité est la plus grande.

Tableau VI. — Evolution prospective des cours limites

en cts/lb (valeur 1974)

	Cours minimum		Cours maximum	
Seuil de probabilité	68 % $0{,}913\ C_{n-1}$	95 % $0{,}802\ C_{n-1}$	68 % $1{,}087\ C_{n-1}$	95 % $1{,}291\ C_{n-1}$
1976	49,53	43,51	58,97	70,04
1977	48,63	42,72	57,90	68,77
1978	49,67	43,63	59,13	70,23
1979	52,64	46,24	62,68	74,44
1980	57,22	50,26	68,12	80,91
1981	62,83	55,19	74,80	88,85
1982	68,68	60,33	81,76	97,11
1983	72,93	64,06	86,83	103,13
1984	74,54	65,48	88,74	105,40
1985	74,38	65,33	85,56	103,40

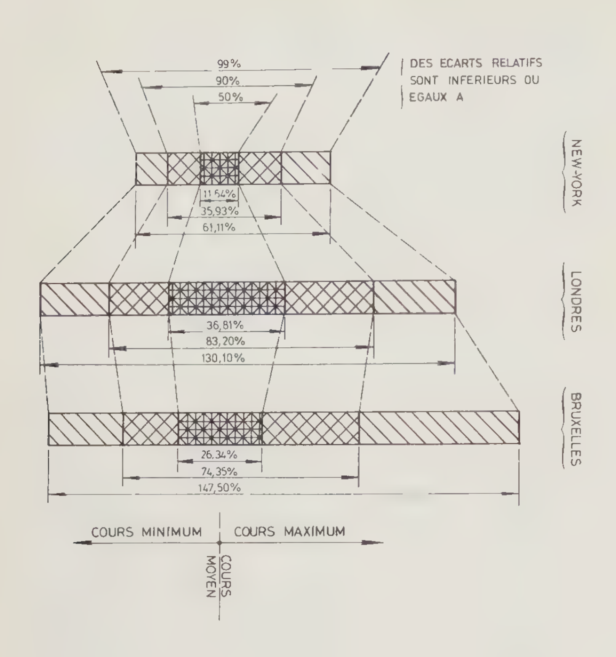


Fig. 12. — Amplitude des écarts relatifs des cours.

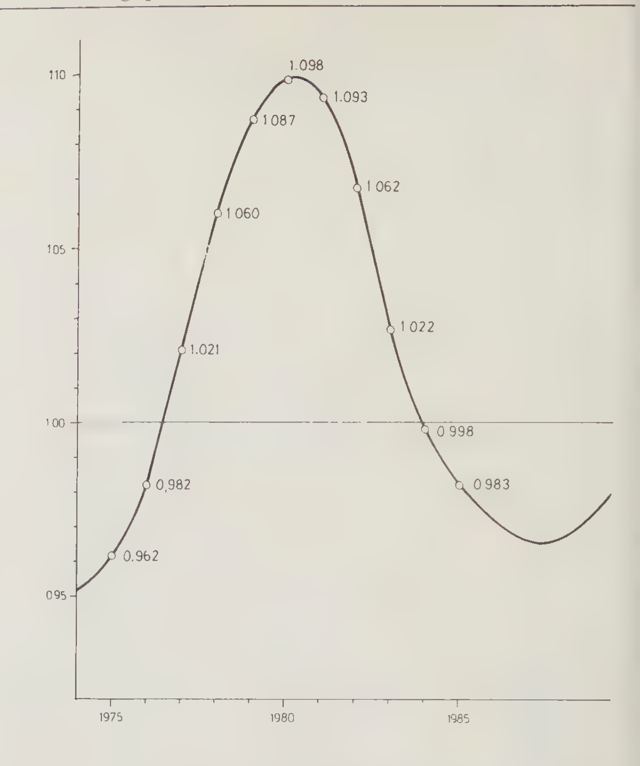


Fig. 13. — Evolution prospective des rapports de cours moyens réels.

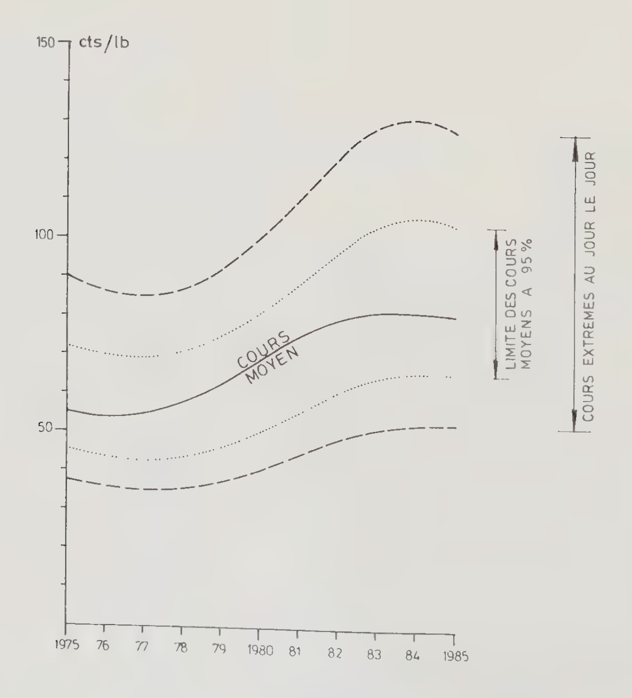


Fig. 14. — Evolution prospective des cours réels (valeur 1974).

En général, on enregistre :

— une baisse probable des cours réels jusqu'en 1977 ;

— un redressement sensible jusqu'en 1983 où les cours moyens se stabiliseront à quelque 80 cts/lb ;

— les cours minimums s'enregistreront en 1977 où ils atteindront le cours record de 44 cts/lb (au seuil de probabilité de 95 %) ;

— les cours les plus élevés (au seuil de probabilité de 95 %) atteindront quelque 130 cts/lb en 1983.

Si l'on s'intéresse au cours moyen quinquennal à court terme, on notera qu'il se situera à la valeur de 59,36 cts/lb (1976-1980).

142. *Commentaires*

1°) Le Conseil Intergouvernemental des Pays Exportateurs de Cuivre — le CIPEC — a récemment décidé le principe de la création d'un stock régulateur de cuivre de quelque 800.000 tonnes pour lequel il faudrait trouver, d'après les communiqués de presse, un financement de 1 milliard de dollars.

Une conversion mathématique simple conduit ainsi au prix unitaire du stock régulateur de 56,7 cts/lb.

L'on peut être frappé de constater de la convergence de cette valeur à l'estimation ci-avant calculée : pour 1976, la moyenne prévisionnelle est de 53,27 cts/lb (tableau V) avec une dispersion comprise entre 49,53 cts/lb et 58,97 cts/lb (tableau VI) au seuil de 68 %.

2°) Il est utile de comparer les résultats obtenus aux diverses évaluations d'expertise.

Malgré une grande dispersion; on note que ces diverses approches donnent des résultats compris dans les limites de 95 %, à l'exclusion cependant de la première approche d'experts de la BIRD (qui la déclarent d'ailleurs optimiste) et la projection de la tendance enregistrée au LME de 1960 à 1971. Par contre, elles s'inscrivent toutes dans les limites extrémales calculées.

Les estimations de l'US Bureau of Mines se rapprochent le plus des résultats de l'analyse prospective.

Ceci milite à nouveau en faveur d'une extrême prudence dans les interprétations des résultats.

Tableau VIII. — Evaluation des cours d'après diverses expertises

	U.S. Bureau of Mines (1)	Trend LME (1)		BIRD (2)	
		1960-1971	1946-1971	1ère approche	2ème approche
1976	67,8	75,4		76,23	68
1977	69,6	78,6	58,4	81,62	77
1978	71,4	81,8	59,7	87,02	79
1979	73,2	85,0	61,1	92,41	79
1980	75,0	88,2	62,4	97,81	79
1981	77,0	91,4	63,7	104,18	
1982	79,0	94,6	65,1	110,95	
1983	81,0	97,8	66,4	118,12	
1984	83,0	101,0	67,7	125,86	
1985	85,0	104,2	69,1	134,01	86
1986	87,0	107,4	70,4	146,07	
1987	89,0	110,6	71,7	159,22	
1988	91,0	113,8	73,1	173,54	
1989	93,0	117,0	74,4	189,14	
1990	95,0	120,2	75,7	206,21	
1991	97,0	123,4	77,0		

(1) source [17]

(2) source [19]. Il s'agit de deux rapports établis durant le premier semestre de 1975 par des fonctionnaires de la Banque Mondiale à usage officiel uniquement. Ces documents ne représentent pas nécessairement les vues de la Banque elle-même, mais contiennent plutôt des projections officieuses établies par certains experts.

2. INFLUENCE SUR LES ECONOMIES DES ETATS

21. Remarques liminaires

211. *Limites du système de cotations*

« La notion de prix d'une matière première, et la façon dont les cours s'établissent, est éminemment variable d'un produit à l'autre...

Pour simplifier l'approche, on peut considérer deux cas typiques : celui des cours de bourse (au cours d'enchères publiques) et celui du prix de barème ou prix producteur, révisé périodiquement.

— *Le cours de bourse* correspond à la situation où producteurs et consommateurs s'en remettent à l'arbitrage technique d'un marché organisé par les négociants ; en principe, la bourse fixe le prix marginal qui assure l'équilibre des offres et des demandes ; de ce fait, elle est fondamentalement instable ; producteurs, consommateurs, spéculateurs peuvent intervenir à leur gré.

— *Le prix de barème* fixé par le producteur présente l'avantage d'une stabilité apparente ; une certaine flexibilité peut être apportée par la pratique de rabais plus ou moins sélectifs, mais il est clair que ce dispositif ne permet pas l'adaptation permanente à une offre que l'on ne saisit pas directement.

L'expérience montre les limites et difficultés de chacun des systèmes :

— *Les pays consommateurs* se méfient des barèmes qui impliquent un minimum d'entente entre les producteurs, mais ils les apprécient dans la mesure où seuls ils permettent la mise en œuvre d'un contrôle des prix (sur les productions intérieures en tous cas).

— *Les pays producteurs* se méfient des cours de bourse dont les variations peuvent leur porter de graves préjudices et qui permettent des bénéfices spéculatifs, mais finalement ils les acceptent souvent plus volontiers que les cours affichés qu'ils ne contrôlent pas et pour lesquels ils soupçonnent des collusions entre entreprises » [17].

212. *Formation des prix du cuivre*

Les échanges internationaux de cuivre sont étroitement liés à l'évolution de la consommation et de la production ; ils s'effectuent par des circuits spécifiques qui se différencient par la localisation des cuivres de raffinage par rapport au lieu de production du minerai.

« Les efforts entrepris pour enrayer les mouvements désordonnés du prix du cuivre se sont soldés jusqu'à maintenant par des échecs. Dans le passé, l'alignement de la production sur les besoins de la consommation n'a pu être réalisé par les producteurs et le prix producteur instauré dans un but de stabilisation en 1964 n'a pu être maintenu, ayant été dépassé par le baromètre offre/demande reflété par la Bourse de Londres » [10].

22. Quelques commentaires macroéconomiques

221. *Orientation générale des prix*

« Il est certain que les prix des matières premières minérales seront structurellement orientés à la hausse dans les décennies qui viennent. Cette hausse ne sera, bien entendu, pas régulière : elle comportera des hauts et des bas à caractère conjoncturel » [8].

Il y a, à cela, trois raisons essentielles :

— *Le prix de revient technique (*)*

Deux phénomènes contradictoires se manifestent :

— d'une part, l'épuisement progressif des gisements les plus faciles (tendance à la hausse des coûts de production)

— d'autre part, l'évolution technologique (tendance à l'abaissement des prix de revient).

C'est ainsi que, durant les 40 ou 50 dernières années, on a noté une hausse sensible du prix réel du cuivre.

« Pour l'avenir, on peut penser que le progrès technique aura de plus en plus de difficultés à compenser la hausse du prix de revient due à l'exploitation de gisements progressivement moins favorables, mais la hausse résultante devrait être progressive (disons pour fixer les idées, un doublement en 40 ou 50 ans pour la moyenne des minerais et métaux...) » [8].

(*) Des études ont montré que le rapport entre le prix de revient et le cours du cuivre est de 7/12 pour une période supérieure à dix ans : le prix du cuivre en 1952 était de 31 cts/lb (prix des Etats-Unis à l'exportation) tandis qu'en 1970 le prix moyen du LME était de 64,2 cts/lb (prix aux Etats-Unis 62,5 cts/lb).
Entre ces deux dates, la moyenne des prix a été de 38 cts/lb alors que la moyenne du coût de production en excluant les ressources fiscales et les taxes à l'exportation a atteint 21 cts/lb. Le rapport de 7/12 est à peu près respecté.
Mais ce ratio n'établit pas en quoi les coûts influencent les prix et réciproquement. Toutefois on peut faire l'extrapolation en prenant comme base le taux de croissance des prix de revient de 5,25 % par an. Au bout de 10 ans, on obtient pour le prix de revient 56 cts/lb et pour le cours du cuivre 96 cts/lb (13).
D'après d'autres auteurs, l'augmentation annuelle des coûts peut être estimée, en monnaie constante, à 1,7 % [14].

— *Les contraintes d'environnement (**)*

Il est acquis que l'industrie minière devra à l'avenir respecter davantage les sites. Il en résultera un accroissement des investissements et des prix de revient. D'aucuns estiment que cette hausse pourrait être de 5 à 10 % [8].

— *La politique des Etats*

Il est certain que les hausses de prix dues à la politique des Etats sont imprévisibles

- — tant en ce qui concerne leur amplitude,
- — que l'époque où elles peuvent survenir (les exemples du pétrole et du phosphate montrent qu'un quadruplement instantané ou en quelques mois est possible).

Quelles sont les conséquences de ces hausses de prix ?

Lorsqu'il s'agit de la tendance au renchérissement régulier et progressif dû à l'exploitation de gisements moins favorables, les conséquences sont très faibles, voire négligeables : « un doublement en 40 ou 50 ans du prix moyen des minerais et de l'énergie se traduirait simplement par un retard de 4 % dans la progression du produit brut de l'ensemble du monde, progression qui est actuellement de 5 % par an environ ».

Dans l'ensemble, on peut affirmer que le doublement ou le triplement du prix d'un minerai ou d'un métal, tel le cuivre, n'a pas de conséquence très grave pour les économies des pays industrialisés, *à la condition essentielle « que tous les consommateurs subissent simultanément ces hausses. »* S'il n'en était pas ainsi, il en résulterait une très préjudiciable distorsion dans les conditions de la concurrence au niveau des demi-produits (câbles électriques) ou des objets manufacturés (moteurs, alternateurs,...).

C'est dans cet esprit qu'il faut souligner les tendances qui se sont dessinées à la suite de la récente réunion du CIPEC, à Lima où plusieurs délégués ont souligné qu'une solution durable ne peut être obtenue *que* par un accord entre producteurs et consommateurs.

Le Fonds Monétaire International soutient cette position.

(**) Selon une étude récente publiée par Fluor Utah Engineers and Constructors, l'industrie du cuivre aux Etats-Unis devra réaliser quelque 500 millions de dollars d'investissement sous cette rubrique dans les prochaines années. Selon cette société, il faudrait dépenser pour la lutte antipollution en moyenne 6 cts/lb raffinée [13].

222. *Cadre général des produits minéraux*

Si l'on se place au niveau de l'ensemble des minerais et des métaux, on constate une très large interdépendance des pays du monde (synthèse extraite de [8]).

— Les pays à économie de marché importent ensemble 37 % de leurs besoins en produits minéraux essentiellement en provenance des pays en voie de développement.

— Les pays en voie de développement exportent globalement, à destination principale des pays en économie de marché, 70 % de leur production minérale et ces produits représentent dans l'ensemble 43 % de leurs exportations.

— Il y a interdépendance au bénéfice des parties entre les pays industrialisés importateurs et les quelque 40 pays en voie de développement (20 % de la population du tiers-monde) pour lesquels l'ensemble des produits minéraux représentent plus de 10 % de la valeur des exportations (ils représentent plus de 50 % pour quelque 20 pays).

— Ces pays peuvent tirer le plus grand parti possible de leurs ressources en matières premières minérales par accroissement des cours. Ils provoquent ainsi

- — dans l'immédiat, une diminution de la consommation ;
- — à terme, un développement des substitutions dans les pays consommateurs.

Ils doivent dès lors procéder à un arbitrage entre un accroissement de la rente et un accroissement des ventes.

L'inertie propre à l'industrie qui ne peut rapidement développer de nouvelles productions ni procéder à des substitutions fait *que l'intérêt des pays exportateurs semble bien être à court et à moyen terme tenu de faire monter les prix, en limitant éventuellement les quantités produites.*

— L'intérêt des pays producteurs est également de s'intégrer vers l'aval en réalisant sur place des opérations de métallurgie, de raffinage, de transformation à condition qu'ils puissent disposer dans des conditions favorables de main-d'œuvre, de capitaux et de débouchés.

C'est un domaine essentiel de coopération possible avec les pays producteurs susceptibles d'apporter à la fois la technique, les capitaux et des débouchés.

— Mais pour plus de 80 % des habitants du tiers-monde, un accroissement du prix des matières premières minérales n'apporte aucun bénéfice, mais constitue au contraire un fardeau nouveau en particulier pour les plus pauvres d'entre eux tels l'Inde, le Pakistan et le Bangla-Desh.

223. *Le cas particulier du cuivre*

Le tableau IX donne pour l'année 1970 la répartition

— d'une part, des réserves, des productions et des consommations de cuivre ;
— d'autre part, des exportations mondiales.

Comparant la différence, par groupes de pays, entre la production et la consommation, on constate d'évidence que les déficits des pays en économie de marché sont compensés par des excédents équivalents des pays en voie de développement ; comme les consommations de ces pays sont toujours faibles, les déficits sont d'autant plus importants que les pays en voie de développement jouent un rôle plus important dans la production minière.

Pour le cuivre, cette dépendance est grande (30,5 %) et l'une des plus élevées, comme en témoigne la figure 15.

En examinant l'importance par produits des exportations mondiales, on observe que les pays en voie de développement participent à raison de 42 % du marché du minerai de cuivre et 44 % du marché du cuivre métal.

On peut en déduire la part des pays en voie de développement dans l'ensemble du monde (à l'exclusion des pays en économie planifiée) pour ce qui est de la production et des exportations.

Tableau IX. — La place du cuivre dans l'économie mondiale

			Pays en voie de développement	Pays en économie de marché	Pays en économie planifiée	Total
REPARTITION DES RESERVES, DES PRODUCTIONS ET DES CONSOMMATIONS DE CUIVRE						
Réserves			45 %	44 %	11 %	
Production	minerai		36 %	44 %	20 %	
	métal		18 %	61 %	21 %	
Consommation			4,5 %	74,5 %	21 %	
Différence « production minerai-consommation »			+ 31,5 %	— 30,5 %	— 1 %	
REPARTITION DES EXPORTATIONS MONDIALES EN 1970						
Cuivre						
	minerai	10^6 US $	235	325	—	560
		%	42	58	—	
	métal	10^6 US $	1 475	3 035	110	5 620
		%	44	54	2	
Ensemble des principaux minerais et métaux						
	minerai	10^6 US $	1 890	2 530	230	4 650
		%	40,7	54,1	4,9	
	métal	10^6 US $	3 200	6 810	460	10 470
		%	30,6	65,0	4,4	
Part relative du cuivre dans les exportations mondiales						
	minerai	%	12,4	12,8	—	12
	métal	%	77,3	44,6	23,9	53,7

(d'après *)

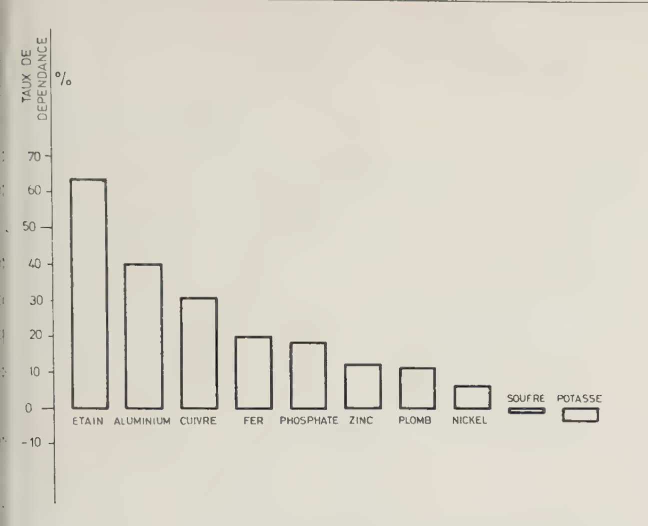


Fig. 15. — Degré de dépendance des pays en économie de marché par rapport aux pays en voie de développement.

	Production	Exportation
cuivre		
minerai	45 %	42 %
métal	23 %	45 %

Ceci traduit le fait que, à l'encontre de ce que l'on observe pour les autres minerais, le cuivre subit au niveau des pays producteurs, une première transformation.

Pour appréhender l'importance d'une hausse éventuelle des prix du cuivre sur l'économie des pays en économie de marché, l'on peut évaluer le déficit des balances commerciales.

En 1971, le solde des échanges en valeur des principaux pays industrialisés est donné au tableau X.

Il est bien évident, qu'à partir de 1974, en raison de l'accroissement des cours de nombreuses matières premières, les soldes des échanges seront plus importants mais les signes relevés seront maintenus.

On observe [8] que :

— pour tous les pays, le poste « fer » est le plus important en valeur absolue et il comporte un solde positif, sauf en Italie et aux U.S.A. ;
— la Belgique et le Japon sont les seuls à avoir un solde positif ;
— plus spécifiquement pour le cuivre, le solde n'est positif qu'en Belgique ;
— en dehors du fer, le rôle du cuivre est très important dans l'économie française : si l'on extrait ces deux métaux, le déficit de ce pays est le plus faible de tous les pays retenus.

Sans doute faut-il voir dans cette observation la justification des déclarations faites à Kinshasa par M. V. Giscard d'Estaing en faveur d'un nouvel ordre économique international et de ses prises de position en faveur d'une stabilisation des cours du marché cuprifère.

Tableau X. — Solde des échanges des principaux pays industrialisés en 1971 pour les principaux métaux et minerais

10^6 U.S. $

	Total des métaux et minerais (1)	Fer	Total sauf fer	Cuivre	Total sauf fer et cuivre
Allemagne	— 297	+ 625	— 922	— 506	— 416
Belgique	+ 1156	+ 1238	— 82	+ 34	— 116
France	— 80	+ 296	— 376	— 275	— 101
Italie	— 1110	— 448	— 662	— 320	— 342
Grande-Bretagne	— 572	+ 298	— 870	— 236	— 634
Japon	+ 765	+ 1997	— 1232	— 412	— 820
U.S.A.	— 3289	— 2078	— 1211	— 157	— 1054
Ensemble	— 3427	+ 1928	— 5355	— 1872	— 3483

d'après [8].
(1) Il s'agit de l'aluminium, du chrome, du cuivre, de l'étain, du fer, du manganèse, du nickel, du plomb, du zinc, des phosphates et de la potasse.

A la lumière de ces diverses constatations, il est certain que

— la hausse généralisée « des matières premières par rapport à celle des produits manufacturés et des services, *si elle porte sur tous les niveaux de transformation et si elle ne bouleverse pas les courants d'échange,* favorisera la Belgique et le Japon, mais pénalisera lourdement les U.S.A. et surtout l'Italie, mais également le Royaume-Uni et dans une moindre mesure l'Allemagne et la France » [8] ;
— la hausse spécifique du cuivre n'est favorable qu'à la Belgique, pèsera lourdement sur les économies de l'Allemagne et du Japon, sera très sensible en Italie, en France et en Grande-Bretagne, mais ne sera cependant pas négligeable pour l'économie américaine ;
— la France a tendance à rechercher, par la concertation, un équilibre entre un déficit en cuivre et un boni en fer au niveau du solde des échanges internationaux.

224. *Accroissement progressif des cours*

En guise de conclusion, en dehors des contraintes nouvelles imposées par les termes d'échanges, les tendances moyennes relevées des cours doivent être augmentées de

— 1,5 % par an pour tenir compte de l'accroissement prévisible des prix de revient techniques ;
— quelque 6 cts/lb dans un terme de 10 ans pour noter les nécessaires influences de la protection de l'environnement.

Le tableau XI et la figure 16 définissent ces influences.

Tableau XI — Evolution prévisionnelle, les cours réels enregistrant les modifications structurelles

	Tendance naturelle	Idem avec hausse du P.R. technique	Idem avec influence de la protection de l'environnement
1975	54,25	54,25	54,25
1976	53,27	54,07	54,67
1977	54,40	56,03	57,23
1978	57,66	60,31	62,11
1979	62,67	66,49	68,89
1980	68,82	74,12	77,12
1981	75,22	82,21	85,81
1982	79,88	88,67	92,87
1983	81,64	91,93	96,73
1984	81,47	93,12	98,64
1985	80,09	92,90	98,90

valeur en cts/lb (1974)

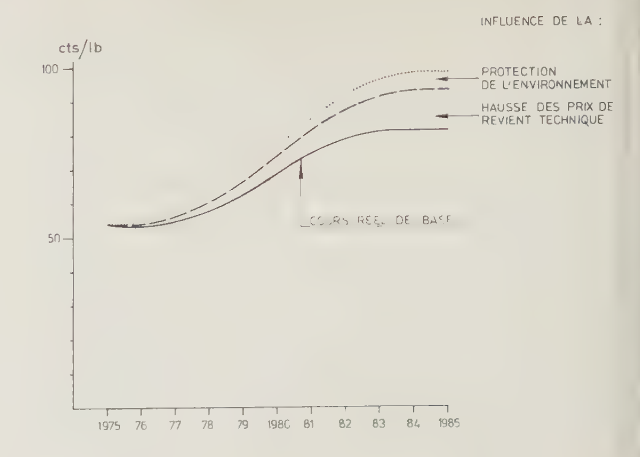


Fig. 16. — Evolution structurelle et conjoncturelle des cours du cuivre à New York.

23. *Influence des désordres monétaires*

231. *Approche qualitative*

Divers travaux récents [5, 6, 10] insistent sur l'influence des variations des cours des monnaies sur la valeur des matières premières.

« En période d'insécurité monétaire, la spéculation pousse les capitaux flottants à chercher refuge dans les matières premières dont le cuivre, ce qui accentue la distorsion des prix. Le marché a été fortement perturbé ces derniers temps par les remous qui ont secoué les monnaies des pays occidentaux » [10].

« On ne peut parler de prix des matières premières sans s'interroger en même temps sur la validité de l'instrument de mesure que constitue la monnaie de compte. On peut dire que l'inflation provoque la hausse du prix des matières premières ou dire que la dépréciation des monnaies peut se mesurer par leur perte de pouvoir d'achat en matières premières » [8].

« Le monde a vécu pendant de nombreuses années dans le système des parités fixes, où les monnaies de référence formaient la base solide du système. Depuis 1972 (et surtout 1973), cette base stable a disparu par suite du flottement successif de la livre sterling et du dollar américain... Ce nouveau facteur d'instabilité ainsi introduit dans les marchés des matières premières a grandement compliqué les opérations... Indépendamment des inconvénients propres à la disparition d'instruments de mesure numéraire fiables, des perturbations sont donc créées :

— pour le commerce : vendeurs et acheteurs cherchent à conclure les contrats dans les monnaies qui leur paraissent favorables, mais qui changent...

— pour le niveau de la demande, qui malgré son inélasticité ne peut rester insensible aux fortes variations de prix engendrées par les fluctuations des différentes monnaies entre elles;

— pour les revenus même des Etats producteurs : la double instabilité des prix des matières premières et des monnaies engendre ainsi un problème politique grave pour l'équilibre des relations entre les pays producteurs et les pays consommateurs, qu'il ne faut pas confondre avec l'équilibre entre les pays développés et les pays en voie de développement » [8].

232. *Esquisses de quantification*

Si l'on reprend les chroniques des cours nominaux du cuivre sur les quatre places boursières depuis 1950 et que l'on enregistre simultanément les taux de conversion des monnaies durant la même période, il est aisé de déterminer le prix nominal du cuivre traduit dans une monnaie de référence. Le dollar américain est choisi à cette fin.

Les prix nominaux sont convertis en cts / lb sur base des cours des monnaies donnés en annexe II.

La figure 17 traduit cette évolution. On y relève que :

— les cours à New York suivent une évolution exponentielle ;

— depuis 1965, les cours au LME oscillent pratiquement autour de cette tendance (les écarts relatifs pouvant s'interpréter par la nature particulière des deux marchés) ;

— de 1959 à 1969, il y a parallélisme entre les cours à Paris et à Bruxelles ; depuis lors, les cours à Bruxelles tendent à se rapprocher des cours américains.

Mais les conclusions ne sont plus semblables si l'on corrige les cours par les coûts respectifs de la vie (fig. 18) :

— par rapport à l'évolution lente rencontrée aux Etats-Unis, on doit noter des variations désordonnées importantes en France, peut-être plus faibles en Belgique, bien qu'elles soient significatives.

Les écarts relatifs des cours nominaux et réels par rapport

— au cours américain,

— au cours britannique

sont significatifs (fig. 19).

Les moyennes sur 25 ans sont données au tableau XII.

Ces disparités traductrices de désordres monétaires peuvent être affectées aux cours prospectifs à la Bourse de New York si l'on veut enregistrer simultanément l'ensemble des contrats des relations internationales.

Pourrait-on, avec une certaine audace, conclure :

— que les producteurs ont intérêt à vendre en bourse de Paris au cours GIRM ;

— que les consommateurs ont avantage à acheter en bourse de Londres au cours LME ;

— que les termes d'une coopération producteurs / vendeurs peuvent être recherchés sur la base des cours de New York.

3. CONCLUSIONS

Deux types de conclusions peuvent être dégagées :

Sur le plan méthodologique

La méthode mise au point par E. Ventura, bien que fortement simplifiée de l'aveu même de son auteur, a donné des prévisions pratiquement confirmées dans les faits.

Des développements ont été apportés, suivant ses suggestions, qui paraissent donner des conclusions satisfaisantes.

Tableau XII

cours	par rapport aux cours à New York		par rapport aux cours à Londres	
	cours nominaux	cours réels	cours nominaux	cours réels
Etats-Unis	—	—	+33,0 %	+21,9 %
Grande-Bretagne	—20,2 %	—14,0 %	—	—
France	+12,4 %	+30,9 %	+42,1 %	+37,9 %
Belgique	+23,9 %	+26,8 %	+62,3 %	+33,6 %

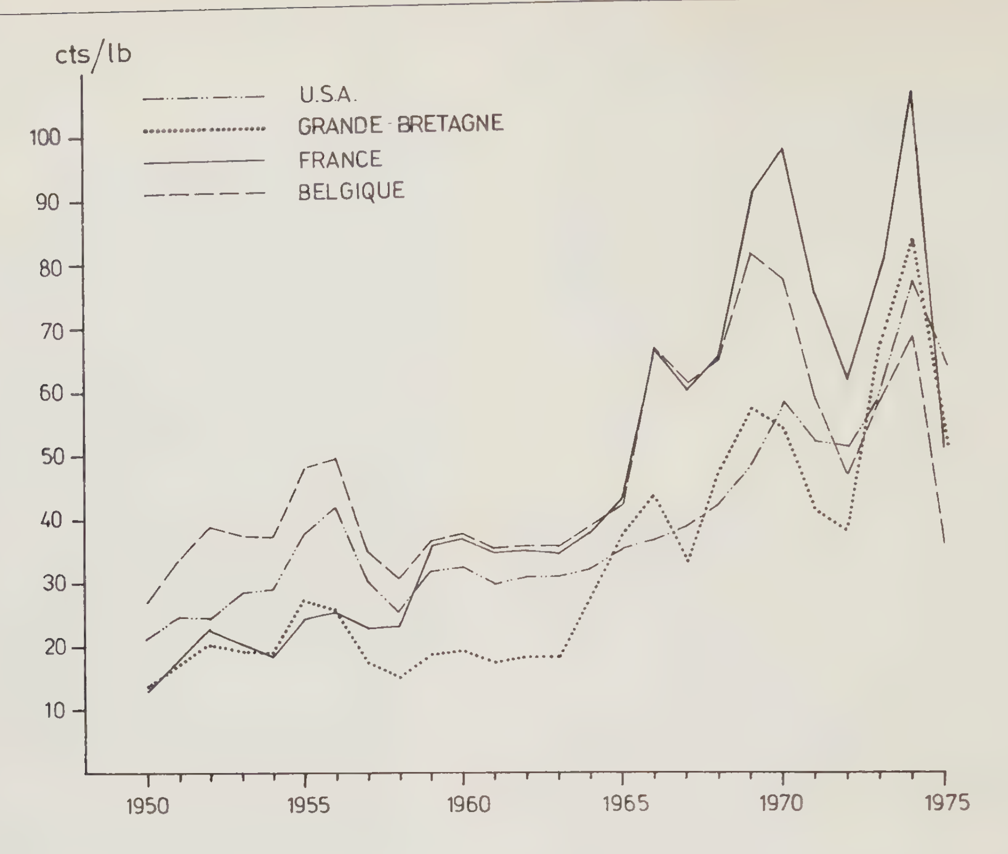


Fig. 17. — Evolution des cours nominaux convertis en US $.

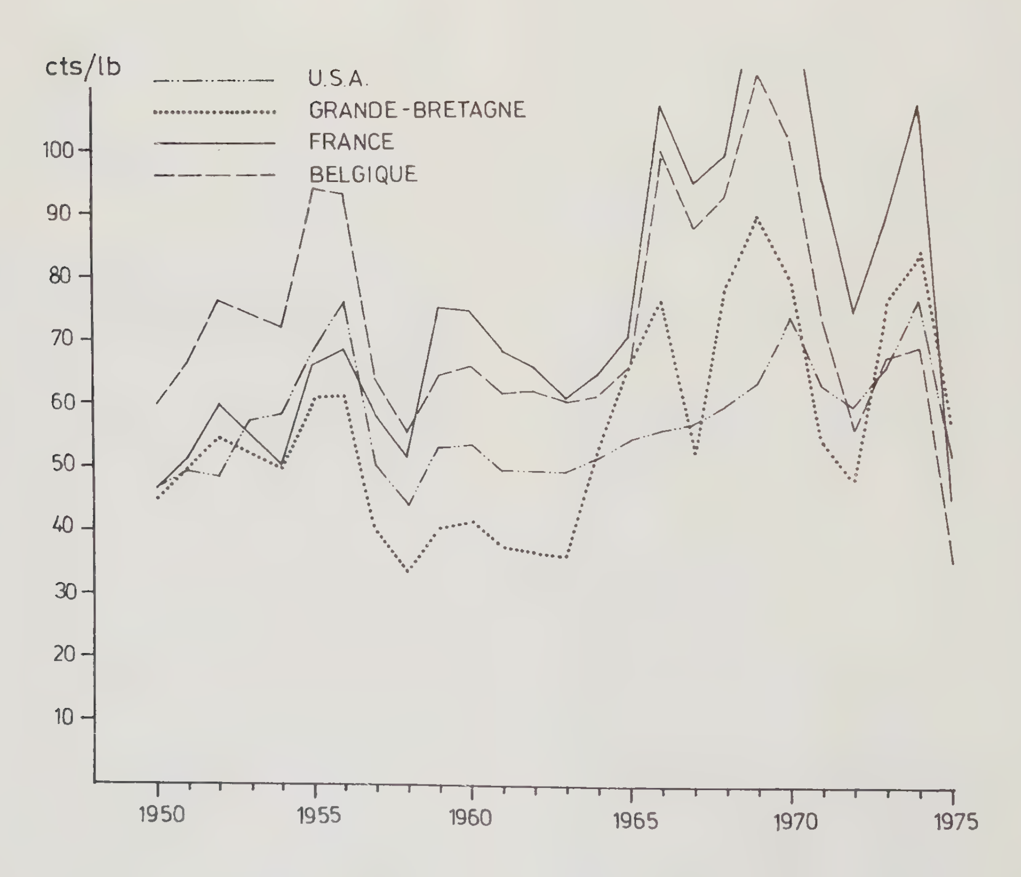


Fig. 18. — Evolution des cours réels convertis en US $.

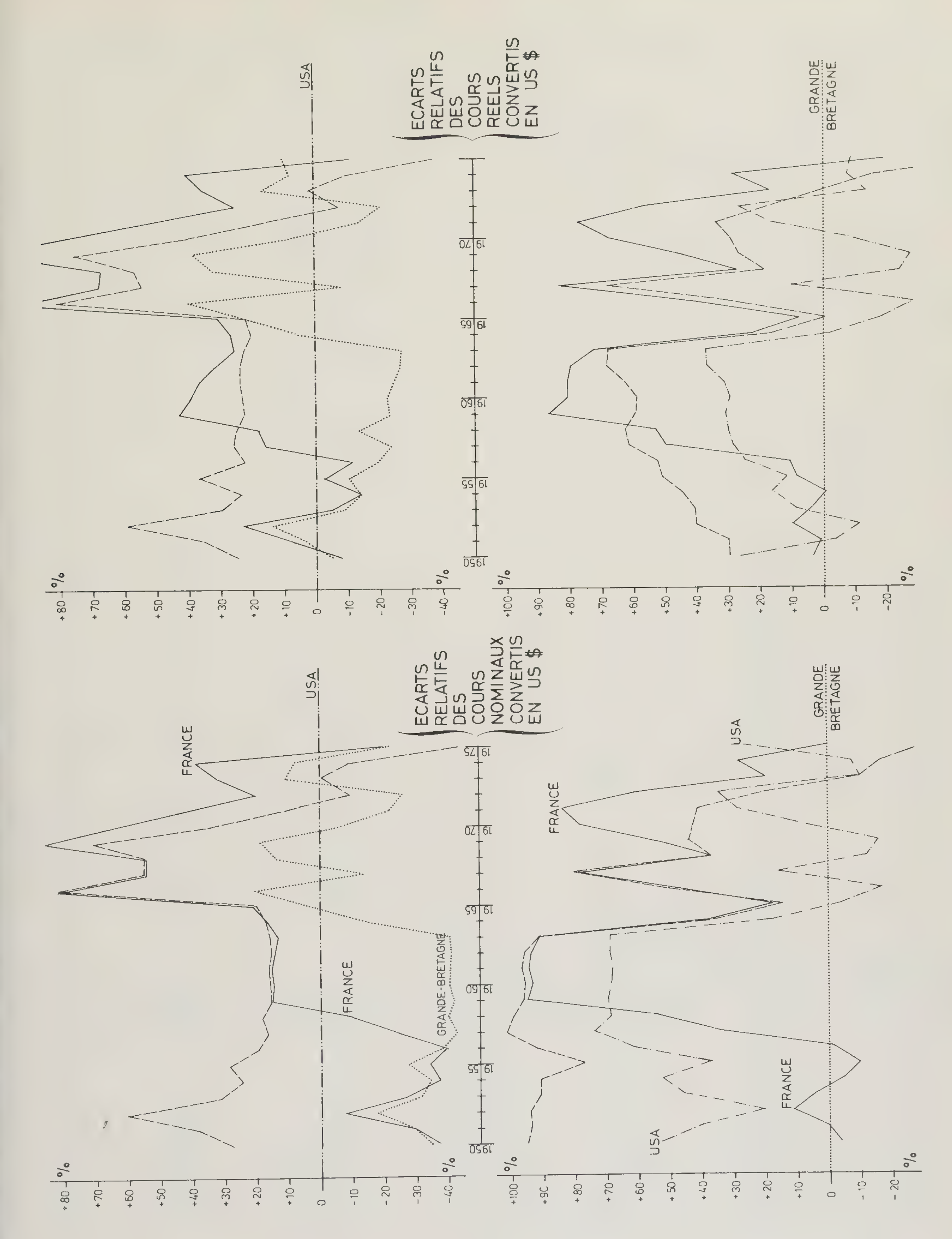

ECARTS RELATIFS DES COURS REELS CONVERTIS EN US $
ECARTS RELATIFS DES COURS NOMINAUX CONVERTIS EN US $
USA
FRANCE
GRANDE BRETAGNE
GRANDE-BRETAGNE
%
1950
1955
1960
1965
1970
1975

Fig. 19

Sur le plan de la technique des cours

On pourrait en conclure que les nouvelles prévisions devraient refléter la réalité future ; mais... nul n'est devin.

L'on peut cependant dire que les résultats obtenus représentent, avec une marge de confiance acceptable, ce que seraient dans l'avenir les cours si l'évolution naturelle était maintenue. Pratiquement, elle ne le sera pas !

Des évolutions structurelles fondamentales se dessinent, mais, avec certitude apparaît une tendance à la hausse ; lesdites évolutions structurelles permettront, par le simple jeu des lois économiques fondamentales, une réduction sensible de l'aléatoire, c'est-à-dire de la tension entre les cours extrêmes au jour le jour.

Les valeurs chiffrées données peuvent servir, sous cette réserve, à bâtir des scénarios rationnellement acceptables d'évolution structurelle et conjoncturelle des cours du cuivre à moyen terme.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier très vivement tous ceux qui lui ont apporté toute la documentation requise pour procéder à son étude : en particulier, M. P. DE MERRE, de l'Union Minière ; M. CALLOT, du Bureau de Documentation Minière à Paris ; M. VAN LEEUW, du Service de Documentation de la Société Générale de Banque, et M. DECHAMBRE, du Service de Documentation de la Société de Traction et d'Electricité.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

En dehors des diverses publications statistiques donnant les relevés des cours sur différents marchés, des productions et des consommations, des importations et des exportations, on notera les études suivantes :

Etudes d'intérêt général

(1) VENTURA E. : Essai de prévisions à moyen terme du cours des métaux non ferreux. 1ère partie : *Annales des Mines,* mai 1956 ; 2ème partie : *Annales des Mines,* avril 1957.

(2) LEGOUX P. : Etude des indices des prix des métaux non ferreux en valeur réelle. *Annales des Mines,* décembre 1966.

(3) DIETHRICH P., GUNTHER J.B., LEGOUX P. : Stabilité des cours au comptant et à terme des métaux non ferreux. *Annales des Mines,* novembre 1972.

(4) DIETHRICH R., LEGOUX P. : Evolution des indices des prix des principaux métaux non ferreux de 1956 à 1972. *Annales des Mines,* octobre 1973.

(5) DIETHRICH R. : Les prix des principaux métaux en 1973 et les problèmes monétaires. *Annales des Mines,* octobre 1973.

(6) PERRINEAU G. : Evolution des prix des principaux métaux non ferreux, en France et aux U.S.A., au cours des vingt-cinq dernières années. Note de mise à jour. *Industrie Minérale,* décembre 1974. *Industrie Minérale,* décembre 1975.

(7) VERNAY A. : Echec aux cartels. Le Figaro, 22 novembre 1974.

(8) BOURRELIER P., CALLOT F., DIETHRICH R., HUGON J.P. : Matières premières minérales et relations internationales. *Annales des Mines,* janvier 1975.

Etudes particulières sur le cuivre

(9) GUERONICK S. : Le cuivre en 1985. *Annales des Mines,* octobre 1971.

(10) de DROUAS G., GARAIX J. : Le cuivre. *Annales des Mines,* octobre 1973.

(11) BULLEN P. : Producer price rises lift copper market. *The Financial Times,* 30.7.1975.

(12) LODESTAR : Why the copper price must go up. *The Financial Times,* 27.10.1975.

(13) X. : Le marché mondial du cuivre. *Banque Française et Italienne pour l'Amérique du Sud.* Etudes économiques, novembre 1967, novembre 1971.

(14) Y. : Le cuivre : Aspects économiques. *Centre Belge d'Information du Cuivre.* Publication n° 33.

(15) Z. : L'évolution du cours du cuivre et ses relations avec la production d'électricité. *Bulletin de la Société Générale de Belgique,* n° 143 (avril 1975).

(16) XY. Il faut stabiliser les cours du cuivre. *Marchés tropicaux,* 21 décembre 1975.

(17) Diverses documentations de la République du Zaïre.

Divers

(18) van ACHTER R. : Les mécanismes de stabilisation du Marché de l'Etain. *Annales des Mines de Belgique,* 1972, n° 6.

(19) Divers rapports de la Banque Mondiale, 1er semestre 1975.

ANNEXE I

Cours du cuivre aux Etats-Unis

	PRIX NOMINAUX (1) cts/lb			INDICE DU COUT DE LA VIE 1974 = 100	COURS REEL MOYEN cts/lb	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$
	minimum	moyenne	maximum			
1882		18,500		16,63	111,24	
3		15,875		16,27	97,57	0,8771
4		13,875		15,51	89,46	0,9169
85		11,125		14,25	78,07	0,8727
6		11,000		14,25	77,19	0,9887
7		11,250		14,40	78,13	1,0122
8		16,665		14,60	114,14	1,4609
9		13,750		14,96	91,91	0,8052
90		15,750		14,25	110,53	1,2026
1		12,625		14,04	89,92	0,8136
2		11,550		13,84	83,45	0,9280
3		10,750		14,04	76,57	0,9176
4		9,560		13,13	72,81	0,9509
95		10,760		12,93	83,22	1,1430
6		10,880		12,72	85,53	1,0278
7		11,290		17,44	64,74	0,7569
8		12,030		12,72	94,58	1,4609
9		16,670		13,28	125,53	1,3272
1900	15,380	16,190	16,760	14,04	116,98	0,9319
1	13,820	16,110	16,430	13,84	116,40	0,9950
2	11,053	11,626	12,173	14,40	80,74	0,6936
3	11,952	13,235	14,454	14,96	88,47	1,0967
4	12,063	12,823	14,661	14,96	85,71	1,0322
05	14,627	15,590	18,328	14,96	104,21	1,2159
6	17,869	19,278	22,885	15,72	122,63	1,1768
7	13,163	20,004	25,065	16,63	120,29	0,9809
8	12,598	13,208	14,130	16,07	82,19	0,6833
9	12,387	12,982	13,893	16,78	77,37	0,9414
1910	12,215	12,738	13,620	17,39	73,24	0,9466
1	11,989	12,376	13,552	16,98	72,89	0,9952
2	14,084	16,341	17,508	17,74	92,11	1,2637
3	14,192	15,269	16,488	18,45	82,76	0,8984
4	11,739	13,602	14,491	18,76	72,51	0,8761
15	13,641	17,275	20,133	18,96	91,11	1,2565
6	23,865	27,202	31,890	20,38	133,47	1,4649
7	23,500	27,180	31,750	23,93	113,58	0,8510
8(2)	23,500	24,628	26,000	28,08	87,71	0,7722
9	14,056	18,691	22,319	32,34	57,80	0,6590
20	13,188	17,456	18,918	37,46	46,60	0,8062
1	11,634	12,502	13,555	33,36	37,48	0,8043
2	12,250	13,382	14,500	31,28	44,18	1,1787
3	12,125	14,421	17,125	31,83	45,31	1,0256
4	12,000	13,024	14,750	31,94	40,78	0,9000
25	13,050	14,042	14,875	32,75	42,88	1,0515
6	13,025	13,795	14,275	33,05	41,74	0,9734
7	12,175	12,920	13,975	32,39	39,89	0,9557
8	13,650	14,570	16,275	32,03	45,49	1,1404
9	16,500	18,107	23,775	31,99	56,60	1,2442

(1) de 1882 à 1898 cours du cuivre du Michigan Lake Copper
(2) moyenne de 11 mois : pas de cotations en décembre 1948

ANNEXE I

Cours du cuivre aux Etats-Unis (suite)

	PRIX NOMINAUX (1) cts/lb			INDICE DU COUT DE LA VIE 1974 = 100	COURS REEL MOYEN cts/lb	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$
	minimum	moyenne	maximum			
1930	9,275	12,982	17,775	31,18	41,61	0,7357
1	6,025	8,116	10,275	28,39	36,19	0,8691
2	4,775	5,555	7,275	25,50	21,78	0,6018
3	4,775	7,025	8,775	24,13	29,11	1,3365
4	7,525	8,428	8,775	24,99	33,72	1,1584
35	7,775	8,649	9,025	25,65	33,72	1,0000
6	9,025	9,474	11,775	25,91	36,57	1,0845
7	9,900	13,167	16,775	26,82	49,09	1,3423
8	8,775	10,000	11,025	26,36	38,37	0,7816
9	9,775	10,965	12,275	26,96	42,24	1,1009
40	10,275	11,296	12,775	26,16	43,18	1,0223
1	11,775	11,797	11,950	27,48	42,93	0,9942
2	11,775	11,775	11,775	30,47	38,64	0,9000
3	11,775	11,775	11,775	32,34	36,41	0,9423
4	11,775	11,775	11,775	32,85	35,84	0,9843
45	11,775	11,775	11,775	33,61	35,03	0,9774
6	11,775	13,820	19,275	36,45	37,91	1,0822
7	19,225	20,958	23,300	41,72	50,23	1,3250
8	21,200	22,038	23,200	44,92	49,06	0,9767
9	15,700	19,202	23,200	44,46	43,19	0,8803
50	18,200	21,235	24,200	44,71	47,49	1,0996
1	24,200	24,200	24,200	48,87	49,52	1,0428
2	24,200	24,200	24,200	49,63	48,76	0,9847
3	24,200	28,798	30,750	50,19	57,38	1,1768
4	29,600	29,694	29,700	50,70	58,57	1,0207
55	29,700	37,491	45,300	54,40	68,62	1,1716
6	35,375	41,818	47,800	54,98	76,06	1,1084
7	25,425	29,576	35,600	58,74	50,35	0,6619
8	23,525	25,764	28,828	58,49	44,04	0,8747
9	28,600	31,182	35,175	59,08	52,78	1,1985
60	29,600	32,053	34,175	59,66	53,72	1,0178
1	28,600	29,921	30,675	60,24	49,67	0,9246
2	30,600	30,600	30,600	61,42	49,82	1,0030
3	30,600	30,600	30,600	62,00	49,35	0,9885
4	30,600	31,960	33,759	62,62	51,04	1,0342
65	33,600	35,017	37,045	63,86	54,83	1,0743
6	35,600	36,170	47,181	65,72	55,04	1,0038
7	36,211	38,226	39,582	67,58	56,56	1,0276
8	41,654	41,849	42,343	70,68	59,21	1,0468
9	41,694	47,482	52,913	74,40	63,82	1,0779
70(3)	52,600	57,657	59,700	78,74	73,22	1,1473
1	49,699	51,433	52,600	82,13	68,62	0,8552
2	49,699	50,617	51,949	84,80	59,69	0,9532
3	49,985	58,865	68,180	90,08	65,35	1,0948
4	67,950	76,649	85,971	100,00	76,65	1,1729
75(4)	61,859	63,609	68,403	125,82	50,56	0,6596

(1) de 1882 à 1898 cours du cuivre du Michigan Lake Copper
(2) moyenne de 11 mois : pas de cotations en décembre 1948
(3) à partir de février 1970 : cours producteur par raffinerie
(4) moyenne de janvier à octobre 1975.

Cours du cuivre en Grande-Bretagne

	PRIX NOMINAUX (1) £/long ton			INDICE DU COUT DE LA VIE	COURS REEL MOYEN	(5)	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$
	minimum	moyenne	maximum	1974 = 100	£/lg tn		
1892		45,658		11,80	386,93		
3		43,775		11,57	378,35		0,9778
4		40,367		11,11	363,34		0,9603
95		48,979		10,95	392,50		1,0803
6		46,904		10,84	432,69		1,1024
7		49,829		11,22	437,87		1,0119
8		51,829		11,57	447,96		1,0230
9		73,687		11,34	649,80		1,4506
1900		73,625		11,91	618,18		0,9513
1		66,983		11,87	564,30		0,9128
2		52,460		11,87	441,95		0,7831
3		57,970		11,91	486,73		1,1013
4		58,884		11,91	490,44		1,0076
05		69,465		12,03	577,43		1.1774
6		87,282		11,99	727,96		1,2607
7		87,007		12,30	707,37		0,9717
8		59,902		12,53	478,07		0,6758
9		58,732		12,53	468,73		0,9805
10		57,054		12,64	451,38		0,9630
1		55,973		12,72	440,04		0,9749
2		72,942		13,10	556,81		1,2654
3		68,365		13,22	517,13		0,9287
4		61,524(2)		13,22	465,39		0,8999
15		72,532		16,29	445,25		0,9567
6		116,059		19,33	600,41		1,3485
7		124,892		23,28	536,48		0,8935
8		115,530		26,86	430,12		0,8017
9		90,796		28,48	318,81		0,7412
20		97,480		32,97	295,66		0,9274
1		69,356		29,94	231,65		0,7835
2		62,123		24,21	256,60		1,1077
3		65,840		23,02	286,01		1,1146
4		63,149		23,17	272,55		0,9529
25		61,920		23,29	265,87		0,9755
6		57,971		22,75	254,82		0,9584
7		55,653		22,25	250,13		0,9816
8		63,703		21,98	289,82		1,1586
9		75,416		21,71	347,38		1,1986
30		54,611		20,90	261,30		0,7522
1		38,242		19,52	195,91		0,7498
2		31,682		19,06	166,22		0,8485
3		32,524		18,52	175,62		1,0566
4		30,281		18,68	162,10		0,9230
35		31,867		18,95	168,16		1,0374
6		38,441		19,44	197,74		1,1759
7		54,465		20,37	267,38		1,3522
8		40,707		20,64	197,22		0,7376
9		49,925		20,90	238,88		1,2112
1940		62,000		24,36	252,52		1,0655
1		62,000		26,36	235,20		0,9241
2		62,000		26,48	234,14		0,9955
3		62,000		26,36	235,20		1,0045
4		62,000		26,59	233,17		0,9913
45		62,000		26,86	230,83		0,9899
6		77,170		26,94	286,45		1,2410
7		130,540		26,86	486,00		1,6966
8		134,000		28,97	462,55		0,9517
9		133,039		29,78	446,74		0,9658

Cours du cuivre en Grande-Bretagne (suite)

	PRIX NOMINAUX (1) £/long ton			INDICE DU COUT DE LA VIE	COURS REEL MOYEN	(5)	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$
	minimum	moyenne	maximum	1974 = 100	£/lg tn		
50	153,00	178,782	202,00	30,55	585,21		1,3099
1	202,00	202,362	234,00	33,62	655,45		1,1200
2	227,00	259,475	287,00	36,55	709,92		1,0831
3	244,00	256,275	285,00	37,58	681,95		0,9606
4	216,00	248,590	310,00	38,43	646,86		0,9485
55	290,00	351,419	405,00	40,04	877,67		1,3568
6	263,00	329,205	437,00	42,29	778,63		0,8871
7	176,50	219,690	272,50	43,64	503,41		0,6465
8	160,50	127,565	260,00	44,99	439,13		0,8723
9	209,50	237,941	266,50	45,44	523,64		1,1924
60	218,00	246,131	279,50	45,89	536,35		1,0243
1	216,50	229,708	249,00	47,24	486,26		0,9066
2	228,25	234,116	237,00	49,49	473,06		0,9728
3	234,25	234,407	236,00	50,39	465,186		0,9833
4	236,00	351,915	531,00	51,90	678,06		1,4576
65	331,00	469,142	570,00	54,42	862,08		1,2714
6	356,00	555,753	790,00	56,43	984,85		1,1424
7	347,00	418,454	607,50	57,94	722,22		0,7394
8	432,50	525,778	817,50	60,97	862,36		1,1940
9	510,00	621,199	746,00	63,99	970,78		1,1257
70(3)	422,00	584,801	749,00	68,02	859,75	873,50	0,8998
1	394,00	444,64	536,50	74,49	596,91	606,46	0,6943
2	407,00	428,09	451,00	79,59	537,87	546,48	0,9011
3	447,00	727,05	1135,00	86,19	844,24	857,75	1,5696
4	529,00	878,47	1400,00	100,00	878,47	892,53	1,0405
75(4)	512,73	553,78	604,03	91,02	608,41	618,14	0,6926

(1) cours du cuivre standard, jusqu'en août 1939 ; cours du cuivre électrolytique à partir de 1940
(2) moyenne de 9 mois : pas de cotations en août, septembre et octobre 1914
(3) à partir de 1970 : cours en £/tonne métrique
(4) moyenne de janvier à octobre 1975
(5) cours de 1970 à 1975 convertis en £/long ton.

Cours du cuivre en France

	PRIX NOMINAUX Fc/kg			INDICE DU COUT DE LA VIE 1974 = 100	COURS REEL MOYEN NF/kg	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$
	minimum	moyenne	maximum			
1857		3,25		0,158	20,57	
8		2,85		0,158	18,04	0,8770
9		2,60		0,165	15,76	0,8736
60		2,70		0,162	16,67	1,0577
1		2,40		0,165	14,55	0,8728
2		2,40		0,165	14,55	1,0000
3		2,30		0,165	13,94	0,9581
4		2,45		0,169	14,50	1,0402
65		2,40		0,169	14,20	0,9793
6		2,27		0,169	13,43	0,9479
7		1,95		0,173	11,27	0,8392
8		1,80		0,173	10,40	0,9228
9		1,72		0,176	9,77	0,9394
70		1,72		0,176	9,77	1,0000
1		1,80		0,176	10,23	1,0471
2		2,35		0,176	13,35	1,3050
3		2,46		0,180	13,67	1,0240
4		2,00		0,180	11,10	0,8120
75		2,07		0,180	11,50	1,0360
6		1,92		0,184	10,43	0,9070
7		1,75		0,184	9,51	0,9118
8		1,56		0,184	8,47	0,8906
9		1,47		0,187	7,86	0,9280
80		1,55		0,187	8,29	1,0547
1		1,50		0,187	8,02	0,9674
2		1,59		0,184	8,64	1,0773
3		1,53		0,184	8,31	0,9618
4		1,37		0,184	7,45	0,8965
85		1,23		0,180	6,83	0,9168
6		1,12		0,180	6,22	0,9107
7		1,15		0,180	6,39	1,0273
8		1,85		0,176	10,51	1,6448
9		1,20		0,176	6,82	0,6489
90		1,42		0,176	8,07	1,1833
1		1,30		0,176	7,39	0,9157
2		1,20		0,173	6,94	0,9391
3		1,15		0,173	6,64	0,9568
4		1,10		0,173	6,36	0,9578
95		1,15		0,173	6,65	1,0456
6		1,35		0,173	7,80	1,1729
7		1,30		0,173	7,51	0,9628
8		1,40		0,173	8,09	1,0772
9		1,80		0,169	10,65	1,3164
1900		1,80		0,169	10,65	1,0000
1		1,70		0,169	10,06	0,9446
2		1,35		0,169	7,99	0,7942
3		1,42		0,169	8,40	1,0513
4		1,47		0,163	9,02	1,0738
05		1,70		0,173	9,83	1,0898
6		2,20		0,165	13,33	1,3561
7		2,10		0,169	12,43	0,9325
8		1,52		0,173	8,79	0,7072
9		1,45		0,176	8,24	0,9374
10		1,42		0,176	8,07	0,9794
1		1,40		0,195	7,18	0,8897
2		1,83		0,195	9,38	1,3064
3		1,70		0,201	8,46	0,9019
4		1,60		0,198	8,08	0,9550

Cours du cuivre en France (suite)

	PRIX NOMINAUX Fc/kg			INDICE DU COUT DE LA VIE 1974 = 100	COURS REEL MOYEN NF/kg	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$
	minimum	moyenne	maximum			
15		1,90		0,242	7,85	0,9715
6		3,00		0,275	10,09	1,2853
7		3,10		0,327	9,48	0,9395
8		2,90		0,429	6,76	0,7131
9		2,90		0,521	5,57	0,8240
20		5,00		0,745	6,71	1,2047
1		3,60		0,675	5,33	0,7943
2		3,70		0,605	6,11	1,1463
3		5,25		0,664	7,90	1,2930
4		5,60		0,763	7,33	0,9278
25		6,32		0,852	7,42	1,0122
6		9,61		1,112	8,64	1,1644
7		7,54		1,120	6,73	0,7789
8		8,34		1,101	7,57	1,1248
9		10,33		1,226	8,43	1,1136
30		8,08		1,233	6,55	0,7770
1		5,35		1,226	4,36	0,6656
2		3,27		1,076	3,04	0,6972
3		2,95		0,987	2,99	0,9836
4		2,53		0,965	2,62	0,8763
35		2,19		0,852	2,57	0,9809
6		2,94		0,943	3,12	1,2140
7		6,22		1,21	5,14	1,6474
8		6,61		1,41	4,69	0,9124
9		6,98		1,52	4,59	0,9786
40		11,14		1,82	6,12	1,3335
1		12,89		2,11	6,11	0,9983
2		14,54		2,47	5,89	0,9640
3		16,82		3,16	5,32	0,9032
4		15,11		4,02	3,76	0,7068
45		17,66		5,54	3,19	0,8484
6		40,00		9,09	4,40	1,3793
7		59,00		14,52	4,06	0,9227
8		120,00		23,00	5,21	1,2833
9		133,00		25,62	5,19	0,9961
50		173,00		28,49	6,07	1,1696
1		222,00		33,33	6,66	1,0972
2		289,00		37,26	7,76	1,1652
3		267,00		37,81	7,64	0,9845
4		240,00		36,71	6,54	0,8560
55		320,40		37,11	8,63	1,2783
6		330,90		38,01	8,71	1,0093
7		244,70		38,90	6,29	0,7222
8		249,60		44,71	5,58	0,8871
9		330,10		47,40	6,96	1,2473
60		3,400		49,19	6,91	0,9928
1		3,204		50,97	6,29	0,9103
2		3,237		53,21	6,08	0,9666
3		3,210		56,00	5,73	0,9424
4		3,452		57,69	5,98	1,0436
65		3,944		59,37	6,64	1,1104
6		6,014		61,05	9,85	1,4834
7		5,453		62,73	8,69	0,8822
8	5,00	5,936	8,03	65,53	9,06	1,0426
9	6,04	7,719	9,74	69,45	11,11	1,2263
70	5,76	7,903	10,08	73,37	10,77	0,9694
1	5,50	6,068	7,19	77,40	7,84	0,7279
2	5,08	5,487	5,93	81,95	6,70	0,8546
3	5,54	7,972	11,53	87,97	9,73	1,4522
4		10,068		100,00	10,07	1,0349
75(1)	4,868	5,398	5,728	111,22	4,85	0,4816

(1) moyenne sur 11 mois (de janvier à novembre).

Cours du cuivre en Belgique

	PRIX NOMINAUX F/kg			INDICE DU COUT DE LA VIE 1974 = 100	COURS REEL MOYEN F/kg	$\frac{C_n}{C_{n-1}}$
	minimum	moyenne	maximum			
1946	12,000	14,394	19,228	40,95	35,15	
7	19,750	21,822	23,750	41,66	52,38	1,4902
8	21,750	22,494	23,500	47,80	47,06	0,8984
9	16,000	19,927	23,500	46,36	42,98	0,9133
50	21,050	24,525	27,750	45,88	53,45	1,2436
1	27,750	30,003	31,450	50,18	59,79	1,1186
2	31,450	35,106	38,100	50,66	69,30	1,1590
3	32,000	34,390	37,775	51,03	67,39	0,9724
4	32,500	33,659	35,000	51,21	65,73	0,9754
55	35,000	43,608	50,000	51,39	84,86	1,2910
6	37,500	45,286	53,500	53,59	84,50	0,9958
7	25,250	31,240	38,100	54,71	57,10	0,6757
8	22,500	27,654	34,500	55,26	50,05	0,8765
9	29,000	32,719	35,250	55,81	58,63	1,1714
60	30,250	33,794	37,000	56,36	59,96	1,0227
1	30,250	31,755	33,750	56,91	55,79	0,9305
2	31,750	32,216	32,250	57,47	56,06	1,0048
3	32,250	32,250	32,250	58,57	55,06	1,0000
4	32,250	34,008	35,550	60,92	55,82	1,0138
65	35,550	38,521	41,600	63,26	60,89	1,0908
6	46,000	39,838	83,000	66,18	90,41	1,4848
7	40,470	54,236	66,820	68,11	79,63	0,8808
8	49,290	58,783	81,770	69,95	84,04	1,0554
9	60,030	73,264	87,410	72,57	100,96	1,2013
70	50,060	70,159	89,550	75,41	93,04	0,9215
1	45,350	52,842	64,400	78,69	67,15	0,7217
2	43,960	47,135	51,400	83,96	56,82	0,8462
3	46,310	68,814	106,460	88,74	77,55	1,3648
4	44,950	80,324	131,460	100,00	80,32	1,0357
75(1)	41,674	45,352	48,976	112,77	40,22	0,5007

(1) valeur sur onze mois, de janvier à novembre 1975.

ANNEXE II

	TAUX DE CONVERSION DES MONNAIES EN U.S. $			PRIX NOMINAUX CONVERTIS EN Cts/lb			
	100 £	100 FF	100 FB	U.S.A.	G.-Br.	France	Belg.
1950	280,00	0,2865	1,9999	21,235	13,854	13,312	27,035
1	278,00	0,2857	1,9841	24,200	17,199	17,208	33,370
2	281,00	0,2857	1,9868	24,200	20,036	22,300	38,954
3	281,00	0,2857	2,0052	28,798	19,789	20,603	37,810
4	278,00	0,2857	2,0000	29,694	19,410	18,528	37,102
55	280,00	0,2857	2,0016	37,491	27,232	24,693	48,030
6	276,57	0,2857	2,0030	41,818	25,833	25,534	49,844
7	279,32	0,2376	1,9906	29,576	17,666	22,705	34,598
8	280,98	0,2374	2,0044	25,764	15,256	23,179	30,416
9	280,88	0,2038	2,0012	31,182	18,381	35,708	36,044
60	280,76	20,384	2,0053	32,053	19,021	36,772	37,153
1	280,22	20,405	2,0052	29,921	17,786	34,617	34,913
2	280,78	20,404	2,0093	30,600	18,091	34,975	35,347
3	280,00	20,404	2,0052	30,600	18,165	34,683	35,457
4	279,21	20,404	2,0092	31,960	27,348	37,298	37,315
65	279,59	20,401	2,0144	35,017	36,408	42,620	42,158
6	279,30	20,352	2,0067	36,170	43,174	65,146	65,739
7	275,04	20,323	2,0125	38,226	33,011	59,153	59,413
8	239,35	20,191	2,0026	41,849	47,663	64,814	64,712
9	239,01	19,302	1,9942	47,482	56,393	88,163	80,994
70	239,59	18,087	2,0139	57,657	53,811	96,329	76,802
1	244,42	18,148	2,0598	51,433	40,105	73,713	56,557
2	250,08	19,825	2,2716	50,617	37,739	61,017	45,745
3	245,10	22,536	2,5761	58,865	65,450	77,987	58,890
4	234,03	20,805	2,5713	76,649	82,753	106,685	68,869
75	241,80(1)	23,804(1)	2,9083(1)	63,609	50,491	49,293	34,379

(1) valeur mars 1975.

PRIX REELS CONVERTIS EN Cts/lb			
U.S.A.	G.-Br.	France	Belg.
47,49	45,35	46,72	58,92
49,52	51,16	51,63	66,50
48,16	54,82	59,85	76,89
57,38	52,66	54,49	71,09
58,57	50,51	50,47	72,45
68,62	61,67	66,54	93,46
76,06	61,09	67,18	93,01
50,35	39,11	58,37	63,24
44,04	33,90	51,85	55,04
52,78	40,45	75,33	64,58
53,72	41,45	74,76	65,92
49,67	37,65	67,92	61,35
49,82	36,55	65,73	61,50
49,35	36,05	61,93	60,54
51,04	52,59	64,65	61,25
54,83	66,90	71,79	66,64
55,04	76,51	106,71	99,33
56,56	51,97	94,71	87,23
59,21	78,17	98,91	92,51
63,82	88,13	126,94	111,61
73,22	79,11	131,29	101,85
62,62	53,84	95,24	71,87
59,69	47,41	74,46	55,14
65,35	75,93	88,65	66,36
76,65	82,75	106,69	68,87
50,56	55,47	44,94	30,49

Etude de la pyrolyse de mélanges d'un lignite rhénan et d'oxyde de fer au moyen du couplage thermogravimétrie-chromatographie en phase gazeuse

Claire SOUDAN-MOINET et TRAN HUU Vinh *

RESUME

Dans le but principal de comparer les pouvoirs réducteurs du lignite et du charbon vis-à-vis des oxydes de fer, on a étudié par thermogravimétrie le déroulement de la pyrolyse en atmosphère inerte de mélanges d'un lignite rhénan et d'oxydes de fer (magnétite et hématite) titrant 30 % en poids d'oxyde. Le programme de chauffage choisi est une montée linéaire de la température, de l'ambiante jusqu'à 1000°C, à raison de 3,2°C/min. La quantité des gaz dégagés est mesurée à la sortie du four de thermogravimétrie et leur analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse. Les résultats sont comparés à ceux obtenus pour un charbon gras dans des conditions analogues [1, 2].

La thermogravimétrie montre que la présence des oxydes de fer, contrairement à ce qu'on observe pour les mélanges charbon-oxydes de fer, a peu d'influence sur la volatilisation primaire du lignite, qui correspond à la formation des goudrons entre 250° et 550°C. De plus, dans cette zone, l'analyse par chromatographie en phase gazeuse des gaz dégagés montre que la production des hydrocarbures gazeux est peu influencée.

La réduction des oxydes de fer, décelée aussi bien par la thermogravimétrie que par l'accroissement des dégagements de mono- et de dioxyde de carbone et la diminution de la production d'hydrogène, commence vers 400°C dans le cas de Fe_2O_3 et vers 550°C dans le cas de Fe_3O_4.

L'évolution de l'état d'oxydation du fer au cours de cette réduction a été déterminée grâce à un examen du résidu solide par diffraction des rayons X pour quelques températures.

SAMENVATTING

Het verloop van de pyrolyse in inerte atmosfeer van mengsels van een Rijnlands ligniet en ijzeroxyden (magnetiet en hematiet) met 30 % oxydegewicht, werd thermogravimetrisch bestudeerd met als hoofddoel de reduceervermogens van ligniet en steenkool te vergelijken t.o.v. ijzeroxyden. Het uitgekozen verwarmingsprogramma is een lineaire opdrijving van de omgevingstemperatuur tot 1000°C tegen 3,2°C/min. De hoeveelheid afgegeven gassen wordt bij het verlaten van de thermogravimetrieoven gemeten en ze worden geanalyseerd door gasfasechromatografie. De resultaten worden vergeleken met die in analoge omstandigheden verkregen voor vette steenkool [1, 2].

De thermogravimetrie toont aan dat de aanwezigheid van de ijzeroxyden, in tegenstelling met wat wordt vastgesteld voor mengsels van steenkool en ijzeroxyden, weinig invloed heeft op de primaire vervluchtiging van ligniet, welke overeenstemt met de vorming van teer tussen 250° en 550°C. Bovendien toont de analyse door gasfasechromatografie in deze zone aan dat de produktie van gasvormige koolwaterstoffen weinig beïnvloed is.

De reductie van de ijzeroxyden, zowel vastgesteld door thermogravimetrie als door de uitwaseming-toename van koolstofmonoxyde en -dioxyde en de daling van de waterstofproduktie, vangt aan rond 400°C in het geval van Fe_2O_3, en rond 550°C in het geval van Fe_3O_4.

De ontwikkeling van de ijzeroxydatietoestand tijdens deze reductie werd bepaald dank zij een onderzoek van het vaste residu door diffractie van de X-stralen voor enkele temperaturen.

* Respectivement Assistante et Chercheur à l'Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences Appliquées, Service de Chimie Générale et Radioactivation, avenue F.D. Roosevelt, 50 - B-1050 Bruxelles.

On peut ainsi établir les différentes étapes de la réduction des oxydes de fer dans les mélanges en cours de pyrolyse : pour le mélange lignite-hématite, on a d'abord réduction de Fe_2O_3 en Fe_3O_4, puis Fe_3O_4 lui-même se réduit en Fe et en FeO, FeO se réduisant également progressivement en Fe. La réduction dans le mélange contenant au départ de la magnétite est plus lente, mais elle suit des étapes analogues. Dans les deux cas, elle s'achève complètement avant 1000°C. Toutes les réductions s'accompagnent de formation de di- et de monoxyde de carbone et d'eau.

En comparant le déroulement de la réduction des oxydes de fer dans le cas présent avec celui obtenu en utilisant le charbon comme réducteur dans des conditions analogues [2], on constate que les réductions successives se font à plus basse température en utilisant le lignite comme agent réducteur. L'emploi de lignite dans la préréduction des minerais de fer présente de ce fait un grand intérêt pratique.

Zo kunnen de verschillende reductie-etappes van de ijzeroxyden in de mengsels tijdens de pyrolyse worden vastgesteld : voor het mengsel ligniet-hematiet is er eerst de reductie van Fe_2O_3 tot Fe_3O_4, dan die van Fe_3O_4 zelf tot Fe en FeO ; waarbij ook FeO zich geleidelijk reduceert tot Fe. De reductie in het mengsel dat van bij de aanvang magnetiet bevat verloopt trager maar volgt analoge etappes. In beide gevallen is ze volledig ten einde vóór 1000°C. Alle reducties gaan gepaard met de vorming van koolstofdioxyde, koolstofmonoxyde en water.

Bij vergelijking van het verloop van de ijzeroxydenreductie in dit geval met dat verkregen bij gebruik van steenkool als reduceermiddel in analoge omstandigheden [2], stelt men vast dat de opeenvolgende reducties plaatsvinden bij lagere temperatuur wanneer ligniet gebruikt wordt als reduceermiddel. Het gebruik van ligniet is bijgevolg van groot praktisch belang in de voorreductie van ijzererts.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Hauptziel, die Reduktionskraft des Lignits und der Kohle gegenüber den Eisenoxiden zu vergleichen, wurde in Schutzatmosphäre der Ablauf der Pyrolyse von Gemischen aus rheinischer Braunkohle und Eisenoxiden (Magneteisenstein bzw. Hämatit) mit 30 % Oxidgewicht thermogravimetrisch untersucht. Das gewählte Heizprogramm ist ein linearer Anstieg der Raumtemperatur bis zu 1000°C mit 3,2°C pro Minute. Die Menge der entweichende Gase wird am Austritt des thermogravimetrischen Ofens ermittelt, und deren Analyse erfolgt durch Gaschromatographie. Die Ergebnisse werden mit denjenigen verglichen, die bei einer Fettkohle unter ähnlichen Bedingungen [1, 2] erzielt werden.

Es wird thermogravimetrisch gezeigt, daß das Vorhandensein der Eisenoxide — im Gegensatz zu den gemachten Beobachtungen anhand von Kohle-Eisenoxidgemischen — einen geringfügigen Einfluß auf die primäre Verflüchtigung des Lignits ausübt, die der Teerbildung zwischen 250° und 550°C entspricht. Außerdem beweist die Analyse durch Gaschromatographie der entweichenden Gase in diesem Bereich, daß die Erzeugung der gasförmigen Kohlenwasserstoffe wenig beeinflußt wird.

Die sowohl aufgrund der Thermogravimetrie als auch der zunehmenden Entweichung von Kohlenmonoxiden sowie Kohlendioxiden und der abnehmenden Wasserstofferzeugung festgestellte Eisenoxidreduktion setzt beim Fe_2O_3 bei 400°C und im Falle des Fe_3O_4 bei 550°C ein.

Die Entwicklung des Eisenoxidierungszustandes im Laufe dieser Reduktion wurde aufgrund der Unter-

SUMMARY

With the principal aim of comparing the reducing capacity of lignite and coal on iron oxides, thermogravimetric studies have been carried out on the progress of pyrolysis in inert atmospheres, using mixtures of a Rhineland lignite and iron oxides (magnetite and haematite) with an oxide content of 30 % by weight. The heating regime selected exhibits a linear temperature gradient from ambient temperature to 1000°C, at a heating rate of 3.2°C per minute. The quantity of gas released is measured at the furnace outlet by the thermogravimetric method ; the gases were analysed by means of gas-phase chromatography. The results are compared with those obtained for a bituminous coal in similar conditions [1, 2].

The thermogravimetric data show that — as against what is observed with coal/iron oxide mixtures — the presence of iron oxides has little effect on the primary volatilisation of the lignite — which corresponds to tar formation between 250° and 550°C. Moreover, in this zone, gas-phase chromatography of the gases released shows that the yield of gaseous hydrocarbons is but little affected.

The reduction of the iron oxides, which is detected both by the thermogravimetric method and by the increased yields of carbon monoxide and dioxide and the reduced yield of hydrogen, begins at around 400°C for Fe_2O_3, and around 550°C for Fe_3O_4.

suchung des festen Rückstandes durch Röntgenstrahlendiffraktion bei einigen Temperaturen bestimmt.

Auf diese Art und Weise können die verschiedenen Reduktionsstufen der Eisenoxide in den Gemischen im Laufe der Pyrolyse festgelegt werden. Beim Lignit-Hämatit-Gemisch wird zuerst Fe_2O_3 in Fe_3O_4 reduziert, dann wiederum Fe_3O_4 in Fe bzw. FeO, und schließlich wird FeO ebenfalls schrittweise in Fe reduziert.

Die Reduktion im Gemisch, das zu Beginn Magneteisenstein enthielt, erfolgt langsamer, allerdings sind die Prozesse ähnlich. In beiden Fällen geht sie noch vor 1000°C ganz zu Ende. Alle Reduktionsvorgänge laufen mit der Bildung von Kohlendioxid bzw. Kohlenmonoxid sowie Wasser ab.

Wird nun im vorliegenden Fall der Ablauf der Eisenoxidreduktion mit demjenigen verglichen, bei dem unter ähnlichen Bedingungen [2] Kohle als Reduktionsmittel eingesetzt wurde, so stellt man fest, daß die einander folgenden Reduktionen bei tiefer liegenden Temperaturen erfolgen, wenn Lignit als Reduktionsmittel verwendet wird. Der Einsatz von Lignit im Vorreduktionsvorgang der Eisenerze gewinnt aus diesem Grunde eine große praktische Bedeutung.

The progress of the state of oxidation of the iron during this reduce was determined by X-ray diffraction studies of the solid residue for a range of temperatures.

We were thus able to identify the different stages of the reduction of iron oxides in mixtures during pyrolysis : with the lignite-haematite mixture there is firstly reduction of Fe_2O_3 to Fe_3O_4, which is reduced in turn to Fe and FeO ; the FeO too is gradually reduced to Fe. Reduction in the magnetite-containing mixture proceeds more slowly, but in similar stages. In both instances, the process is completed before 1000°C. All the reduction phenomena are accompanied by formation of carbon monoxide, carbon dioxide and water.

Comparison of the progress of reduction of the iron oxides in this case with that of coal as the reducing agent in similar conditions [2], shows that the successive reductions occur at lower temperatures when lignite is the reducing agent. Consequently, the use of lignite in the prereduction of iron ores is of considerable practical importance.

---

1. INTRODUCTION

La pyrolyse de mélanges d'oxydes de fer et de combustibles solides trouve des applications à la fois dans le domaine de la préparation de ferrocokes et dans celui de la préréduction des minerais de fer.

En incorporant un agent réducteur comportant une certaine teneur de matières volatiles, on favorise la réduction du minerai grâce à la formation de gaz réducteurs (principalement CO et H_2) au sein du mélange.

Dans cette optique, l'utilisation de lignite comme agent réducteur nous semblait intéressante à étudier étant donné l'importante teneur en matières volatiles qui caractérise cette houille.

C'est pour cette raison également que le lignite a été souvent utilisé dans des expériences de préréduction. Fine et Melcher [3, 4] ont montré que le degré de métallisation du fer, pour une même température, était plus élevé dans des « pellets » d'oxydes de fer contenant du lignite que dans ceux où on avait incorporé du charbon.

Nous avons choisi comme principal outil, pour l'étude de la pyrolyse de mélanges de lignite et d'oxydes de fer, la thermogravimétrie.

Des études sur la pyrolyse de lignites par thermogravimétrie en atmosphère inerte ont été réalisées précédemment [5, 6]. Elles mettent surtout en évidence les trois stades qui caractérisent la pyrolyse des houilles : à basse température une déshydratation, spécialement importante dans le cas des lignites, puis une perte de poids, également importante, causée par le départ des goudrons et de certains gaz, la proportion de dioxyde de carbone étant plus forte dans le cas des lignites, et enfin une perte de poids moins importante, à plus haute température, signalant le départ de produits gazeux (CH_4, CO_2 et surtout, à plus haute température, CO et H_2).

Les zones de température auxquelles les différents auteurs ont enregistré ces phénomènes dépendent des lignites choisis et des conditions expérimentales, principalement de la vitesse de chauffage. Ulanov, Grebentchikov et Farberov [7] ont montré que la stabilité thermique des lignites qu'ils étudiaient croissait avec leur rang. Le dégagement gazeux produit par la pyrolyse, et en particulier la production de CO et H_2, est plus important pour les lignites de bas rang. Les lignites, dans le cas qui nous occupe, doivent donc être de très bons réducteurs.

D'autres travaux, de Turowska [8] et Ashmore et Wheeler [9], traitant de l'effet de la teneur en carbone du lignite sur les dégagements gazeux des oxydes de carbone, mènent à des conclusions analogues : plus la teneur en carbone croît, plus faibles sont les dégagements de CO et de CO_2.

La réduction de l'hématite par le lignite a été étudiée par Ratnam [10]. Il a constaté qu'il était préférable de faire subir au lignite un séchage préalable pour augmenter sa réactivité.

Wasson et Fine [11], qui ont comparé le lignite à d'autres réducteurs solides pour la conversion d'hématite en magnétite, ont montré qu'il était un des meilleurs réducteurs. Zlateva [12], également en étudiant la réduction de Fe_2O_3 en Fe_3O_4 à l'aide de lignites, a montré que la présence d'oxydes alcalins dans les cendres intensifie cette réaction.

Pour pouvoir comparer le pouvoir réducteur du lignite à celui du charbon, lors de la pyrolyse de mélanges de combustible solide et d'oxydes de fer, nous avons travaillé avec le lignite dans des conditions semblables à celles décrites dans une publication précédente [2] et utilisées pour le charbon : on étudie la pyrolyse de mélanges de la houille étudiée et de deux oxydes de fer (l'hématite et la magnétite) titrant 30 % en poids par la combinaison de la thermogravimétrie, montrant à la fois la décomposition de la houille et la réduction des oxydes, et de la chromatographie en phase gazeuse pour la détection des gaz de décomposition et de réduction.

2. METHODES EXPERIMENTALES

La pyrolyse des échantillons est réalisée dans le four d'un appareil de thermogravimétrie balayé par un courant d'hélium. On étudie des échantillons compacts de 2 g environ, soit de lignite, soit de mélanges lignite-hématite ou lignite-magnétite titrant 30 % en poids. La vitesse de montée en température est de 3,2°C/min.

Les gaz dégagés au cours de la pyrolyse, entraînés par le courant d'hélium, sont analysés régulièrement par chromatographie en phase gazeuse et leur débit est mesuré. Ils sont également recueillis tout au long de l'expérience par fractions correspondant à des intervalles successifs de 100°C.

L'installation et les techniques expérimentales utilisées sont décrites de manière plus détaillée dans une publication précédente [2].

L'état d'oxydation du fer dans le résidu solide, pour quelques températures choisies d'après l'aspect des courbes thermogravimétriques dérivées, est examiné par diffraction des rayons X.

On utilise une anti-cathode de cuivre et un filtre en nickel garantissant un faisceau monochromatique de longueur d'onde

$$\lambda_{CuK\alpha} = 1{,}5418\ \mathring{A}.$$

Les caractéristiques du lignite utilisé, en parallèle avec celles du charbon gras auquel il est comparé, sont reprises dans le tableau I.

3. RESULTATS EXPERIMENTAUX

3.1. Courbes thermogravimétriques

La perte de poids enregistrée au cours de la pyrolyse du lignite (courbe T.G.) et la vitesse de cette perte de poids (courbe T.G.D.) sont représentées sur la figure 1. On a également représenté sur cette figure, ainsi que sur les suivantes, en traits interrompus, les résultats obtenus dans des conditions analogues avec le charbon.

TABLEAU I.

	Lignite de la Rheinische Braunkohle		Charbon gras A de Winterslag	
	Sur sec à l'air	Sur sec et sans cendres	Sur sec à l'air	Sur sec et sans cendres
Cendres	3,4	—	1,0	—
Eau	13,7	—	4,0	—
Matières volatiles	44,2	53,3	24,3	25,6
C	60,2	72,6	84,6	89,0
H	5,2	4,4	4,7	4,8
N	0,3	0,4	1,6	1,7
S		} 22,6	0,6	0,6
O				3,9

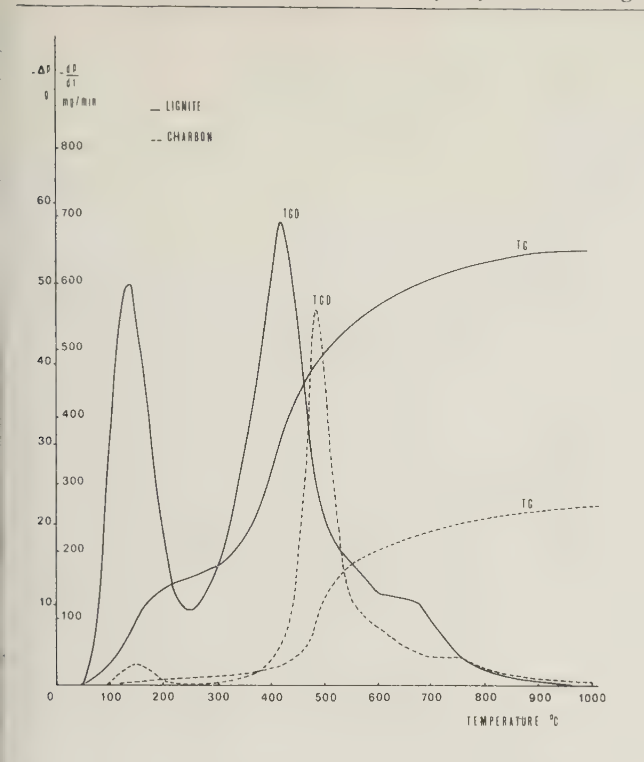


Fig. 1. — Perte de poids de 100 g de houille.

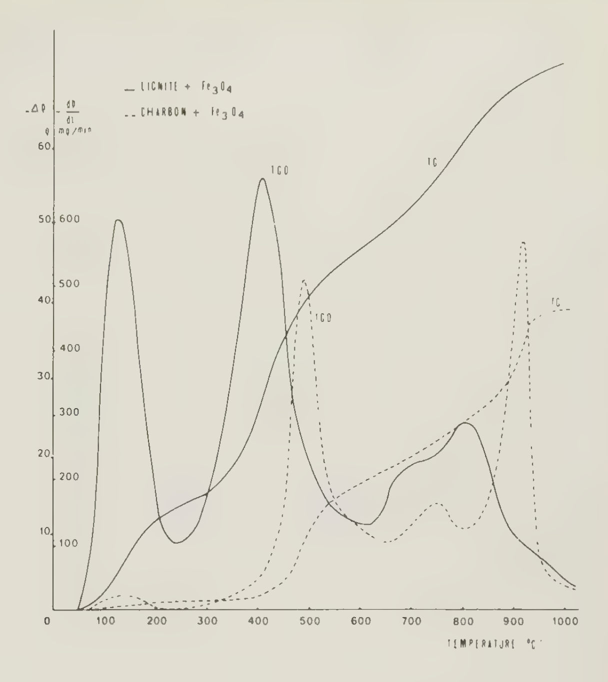


Fig. 2. — Perte de poids d'échantillons contenant 100 g de houille.

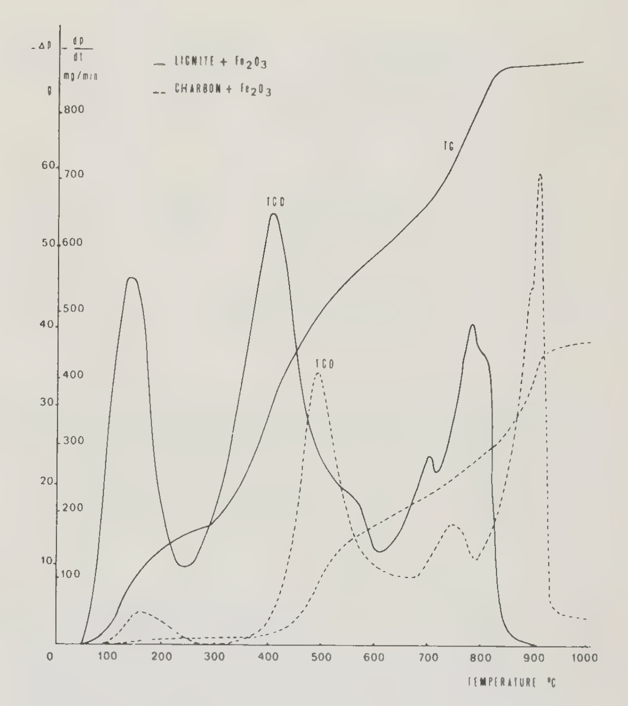


Fig. 3. — Perte de poids d'échantillons contenant 100 g de houille.

La pyrolyse du lignite, comme celle du charbon, se déroule en trois stades : de 50 à 250°C, on remarque une importante déshydratation (ce lignite contient 13,7 % d'eau) suivie, à partir de 250°C, par une volatilisation également rapide et importante, traduite sur la courbe thermogravimétrique dérivée par un pic dont le maximum se situe à 420°C. C'est dans cette zone que se forment les goudrons et que se produit le début du dégagement de certains gaz, surtout du CO_2. A partir de 550°C, la vitesse de perte de poids est moins importante. Elle devient négligeable au-delà de 850°C. Dans cette troisième zone, le lignite perd surtout des quantités importantes de produits gazeux, ce qui se traduit par une moins grande perte de poids que la formation des goudrons.

En comparant les résultats obtenus pour le lignite et pour le charbon, on constate que la décomposition du lignite se produit à plus basse température que celle du charbon et dure plus longtemps. Il faut remarquer qu'elle est notamment plus intense dans la zone de dégazage à haute température (de 500° à 850°C), ce qui est important dans l'optique d'une réduction des oxydes de fer dans ce domaine de températures.

Les courbes thermogravimétriques relatives aux mélanges de lignite et d'oxyde de fer (fig. 2 et 3) montrent que les différences de comportement entre les trois cas sont négligeables jusqu'à 500°C. Pour permettre ces comparaisons, toutes les courbes sont ramenées à 100 g de lignite (ce qui correspond à 143 g de mélange).

Dans la zone de formation des goudrons, l'influence des oxydes de fer sur la pyrolyse du lignite est donc fort différente de ce qu'on observe dans le cas du charbon ; pour le charbon, en effet, la présence des oxydes de fer entraîne une diminution de la vitesse de perte de poids dans la zone de formation des goudrons.

Cet effet est surtout important pour l'hématite, qui se réduit en magnétite dans cette zone de températures.

Au-delà de 500°C, pour le mélange lignite-hématite, et 600°C pour le mélange lignite- magnétite, la réduction des oxydes de fer se marque par une perte de poids accrue. Comme pour les mélanges charbon-oxydes de fer, les courbes T.G.D. montrent que la réduction se fait en plusieurs étapes qui se traduisent par des maxima successifs de la vitesse de perte de poids. La réduction se produit à plus basse température et plus rapidement pour le mélange contenant au départ de l'hématite. Pour ce mélange, elle est quasi terminée à 850°C. Pour l'autre mélange, la réduction s'achève plus lentement. Cependant, quel que soit l'oxyde de départ, la réduction par le lignite en cours de pyrolyse se produit à plus basse température que celle observée pour le charbon.

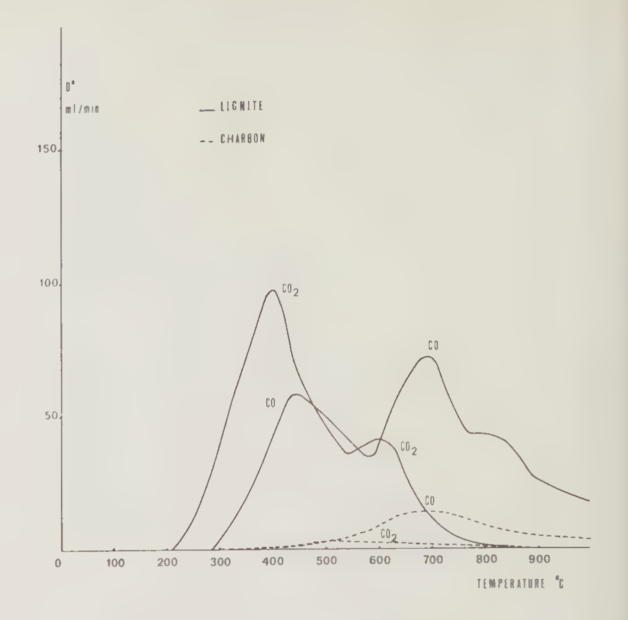


Fig. 4. — Dégagements des oxydes de carbone au départ de 100 g de houille.

3.2. Gaz dégagés

La mesure, tout au long des expériences, du débit total des gaz dégagés et leur analyse par chromatographie en phase gazeuse permettent d'établir l'évolution des débits des principaux gaz de pyrolyse en fonction de la température.

Les débits des principaux gaz dégagés par la pyrolyse de 100 g de lignite sont représentés sur les figures 4 et 5. Dans le tableau II se trouvent indiquées les quantités globales de gaz dégagées par 100 g de lignite pour des intervalles successifs de température de 100°C.

On voit que, contrairement à ce qui se passe pour le charbon, les oxydes de carbone (fig. 4) occupent une place importante. Le dégagement de CO_2 est très intense dans la zone de formation des goudrons, avec un maximum à 400°C ; il présente un second maximum, moins élevé à 600°C.

CO apparaît vers 300°C et son débit présente également deux maxima, vers 450° et 700°C. A haute température, il se forme en quantités beaucoup plus importantes que le CO_2 , ce qui est normal si l'on tient compte de l'effet de la température sur la réaction de Boudouard.

$$CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO \qquad (1)$$

En plus des oxydes de carbone, on détecte des hydrocarbures gazeux et surtout du méthane (fig. 5). Les dégagements des hydrocarbures en C_2 et C_3 (tableau II) sont localisés entre 400° et 600°C. Le dégagement de méthane est beaucoup plus important et se prolonge à plus haute température. Les quantités d'hydrocarbures gazeux produites par la pyrolyse du lignite sont nettement moins importantes que celles observées lors de la pyrolyse du charbon.

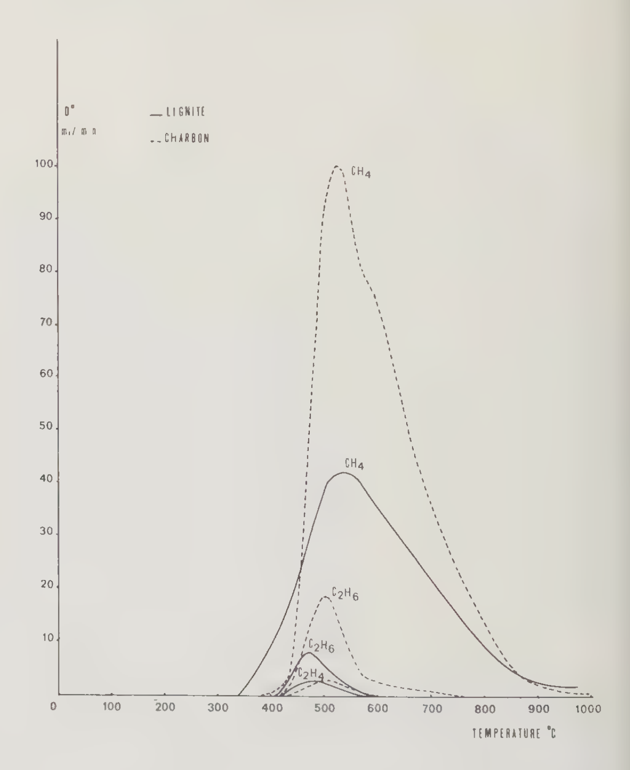


Fig. 5. — Dégagements d'hydrocarbures gazeux au départ de 100 g de houille.

La production d'hydrogène (tableau II), importante en volume, commence au-delà de 500°C et reste élevée à haute température.

Lors de la pyrolyse des mélanges de lignite et d'oxydes de fer, on détecte une quantité nettement plus importante d'oxydes de carbone (fig. 6 et 7) dans la zone de température où les courbes thermogravimétriques dérivées montrent que la réduction des

TABLEAU II

Poids des gaz dégagés par intervalles de température de 100°C.

Cas du lignite

Poids (g) pour 100 g de lignite.

Intervalles de température	CO	CH_4	CO_2	H_2	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	Total
300-400°C	0,48	0,09	4,11	—	—	—	—	—	4,68
400-500°C	0,78	0,37	3,22	—	0,12	0,06	0,07	0,09	4,71
500-600°C	0,98	0,83	2,52	0,16	0,08	0,04	0,02	0,02	4,65
600-700°C	1,44	0,55	1,54	0,34	0,02	0,01	—	—	3,90
700-800°C	1,11	0,42	0,32	0,46	—	—	—	—	2,31
800-900°C	0,77	0,16	0,15	0,34	—	—	—	—	1,42
900-1000°C	1,00	0,07	0,08	0,34	—	—	—	—	1,49
Total	6,56	2,49	11,94	1,64	0,22	0,11	0,09	0,11	23,16

TABLEAU III. — *Lignite* + 30 % Fe_3O_4

Poids (g) pour 100 g de lignite.

Intervalles de température	CO	CH_4	CO_2	H_2	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	Total
300-400°C	0,36	0,04	2,84	—	—	—	—	—	3,24
400-500°C	0,90	0,30	3,34	—	0,13	0,07	0,07	0,08	4,89
500-600°C	1,05	0,75	2,22	0,07	0,12	0,06	0,02	0,03	4,32
600-700°C	1,60	0,60	2,15	0,18	—	—	—	—	4,53
700-800°C	3,71	0,37	2,40	0,26	—	—	—	—	6,74
800-900°C	6,30	0,19	1,90	0,24	—	—	—	—	8,63
900-1000°C	3,40	0,12	0,32	0,24	—	—	—	—	4,08
Total	17,32	2,37	15,17	0,99	0,25	0,13	0,09	0,11	36,43

TABLEAU IV. — *Lignite* + 30 % Fe_2O_3

Poids (g) pour 100 g de lignite.

Intervalles de température	CO	CH_4	CO_2	H_2	C_2H_6	C_2H_4	C_3H_8	C_3H_6	Total
300-400°C	0,36	0,05	3,00	—	—	—	—	—	3,41
400-500°C	0,76	0,31	3,30	—	0,09	0,05	0,07	0,04	4,62
500-600°C	0,69	0,60	3,30	0,10	0,08	0,04	0,02	0,02	4,85
600-700°C	1,42	0,57	2,80	0,17	—	—	—	—	4,96
700-800°C	4,40	0,33	3,70	0,20	—	—	—	—	8,63
800-900°C	4,71	0,15	1,80	0,18	—	—	—	—	6,84
900-1000°C	1,50	0,06	0,29	0,17	—	—	—	—	2,02
Total	13,84	2,07	18,19	0,82	0,17	0,09	0,09	0,06	35,33



Fig. 6. — Dégagements des oxydes de carbone au départ d'échantillons contenant 100 g de houille.

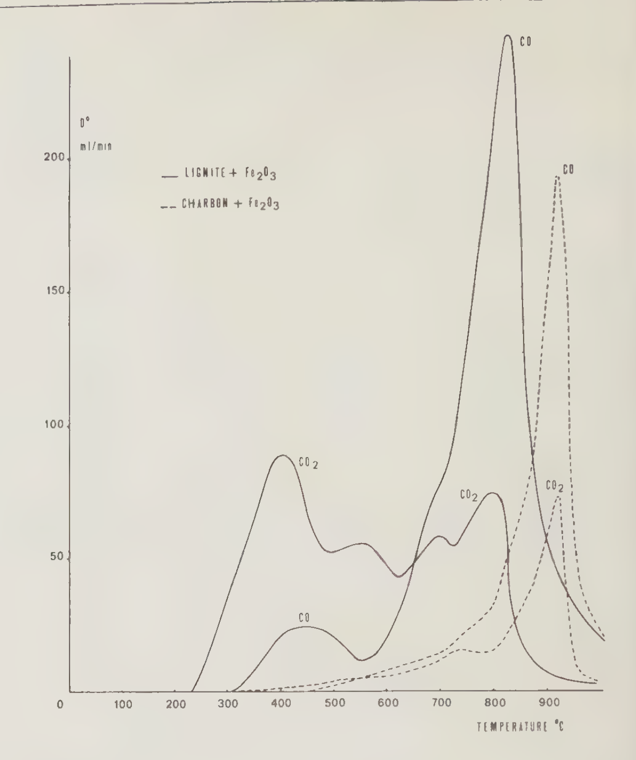


Fig. 8. — Dégagements des oxydes de carbone au départ d'échantillons contenant 100 g de houille.

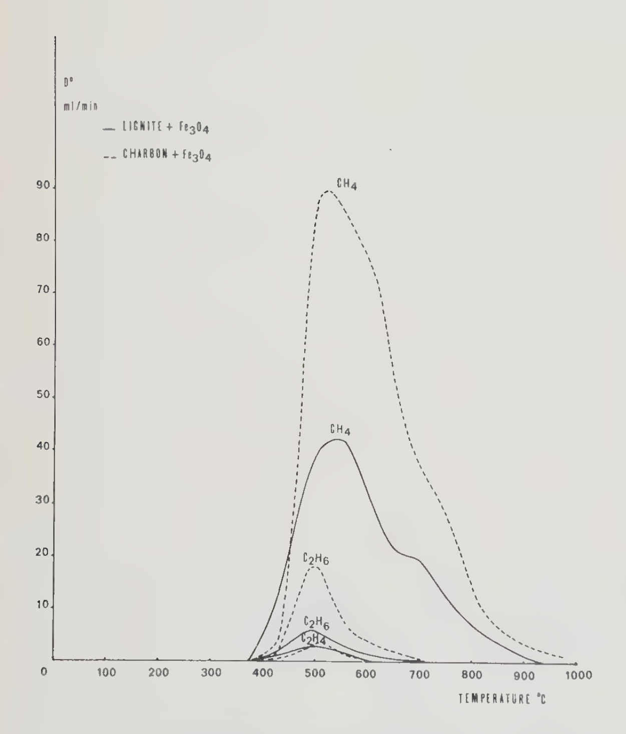


Fig. 7. — Dégagements d'hydrocarbures gazeux au départ d'échantillons contenant 100 g de houille.

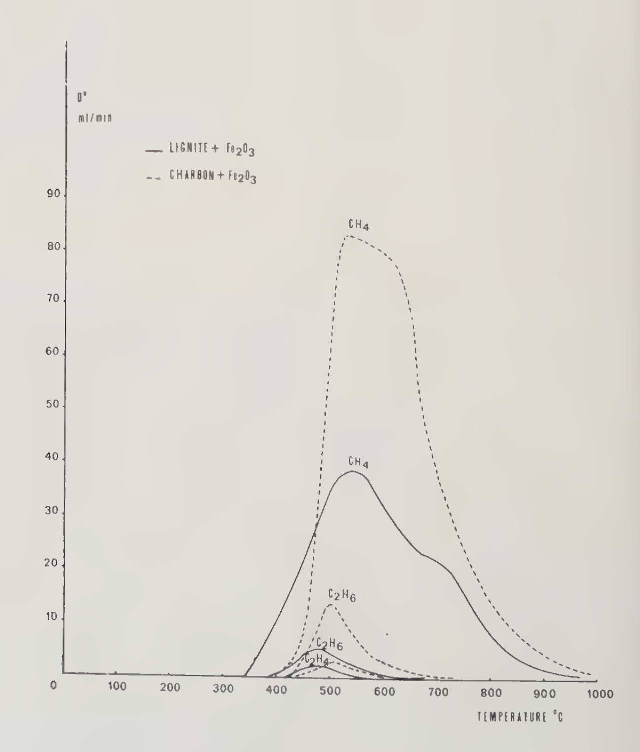


Fig. 9. — Dégagements d'hydrocarbures gazeux au départ d'échantillons contenant 100 g de houille.

oxydes de fer se produit : pour le mélange lignite — Fe_3O_4 , à partir de 600°C et, pour le mélange lignite — Fe_2O_3 , à partir de 500°C. Les courbes représentatives du dégagement de CO_2 présentent les mêmes maxima que les courbes T.G.D. A haute température, le dégagement de CO devient nettement prépondérant et son allure suit également celle de la courbe T.G.D.

Comme les courbes T.G.D., les courbes représentant la production de CO montrent que la réduction dans le mélange contenant au départ de la magnétite est plus lente et se produit à des températures un peu plus élevées. De même, ces courbes confirment que la réduction est plus précoce avec le lignite qu'avec le charbon.

L'influence des oxydes de fer sur la production d'hydrocarbures gazeux (fig. 7 et 8) est moins importante pour le lignite que pour le charbon : on ne constate qu'une légère diminution de la production des hydrocarbures gazeux, due à l'introduction des oxydes de fer. Dans le cas du charbon, cet effet est nettement plus prononcé.

Comme pour le charbon, les quantités d'hydrogène dégagées au cours de la pyrolyse des mélanges (tableaux III et IV) sont nettement inférieures à celle mesurée lors de la pyrolyse du lignite seul.

3.3 *Evolution de l'état du fer dans le ferrocoke de lignite*

L'état d'oxydation du fer dans le ferrocoke en formation, déterminé par diffraction des rayons X pour quelques températures, est représenté sur les figures 10 et 11. Sur ces figures on a également représenté, en traits interrompus, la courbe thermogravimétrique dérivée correspondante.

Pour le mélange lignite-magnétite, on voit que, comme le laisse prévoir la thermogravimétrie, la réduction de Fe_3O_4 commence vers 600°C.

Vers 600°C, en effet, on commence à détecter du fer et du FeO. La quantité de FeO croît rapidement jusqu'à 740°C où elle passe par un maximum, ensuite le FeO disparaît progressivement, la quantité de fer décélée s'accroissant rapidement. Au-dessus de 850°C, la réduction de FeO s'achève, celle de Fe_3O_4 se termine également lentement.

Entre 900° et 1000°C, la diffraction des rayons X montre également un début de carburation du fer. A 1000°C, tout le fer est sous forme de fer métallique ou de carbure de fer.

Pour le mélange lignite-hématite, on constate d'abord une première réduction de Fe_2O_3 en Fe_3O_4 qui débute vers 350°C et s'achève vers 550°C. Ensuite, on retrouve les mêmes constituants que dans le mélange précédent, mais Fe_3O_4 disparaît plus rapidement ; on forme moins de FeO et la quantité de fer formée croît plus rapidement. La réduction s'achève à plus basse température. On décèle un début de carburation du fer dès 800°C.

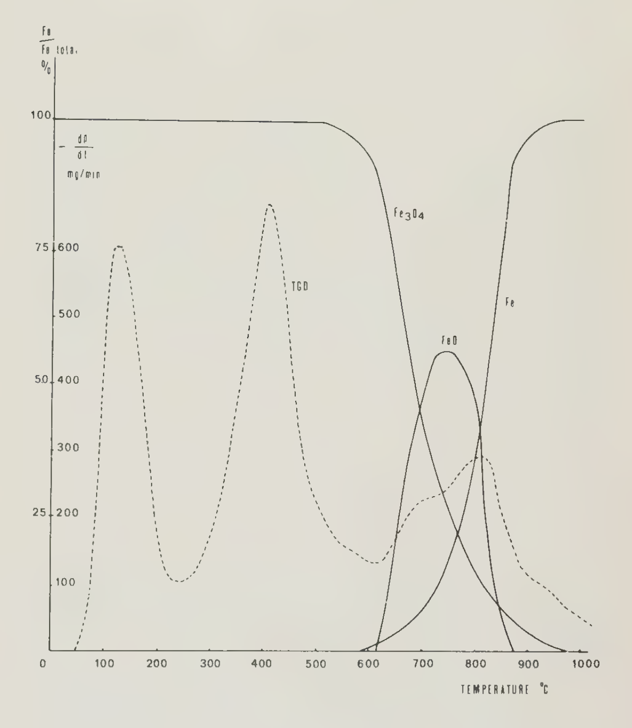


Fig. 10. — Etats du fer dans le ferrocoke.

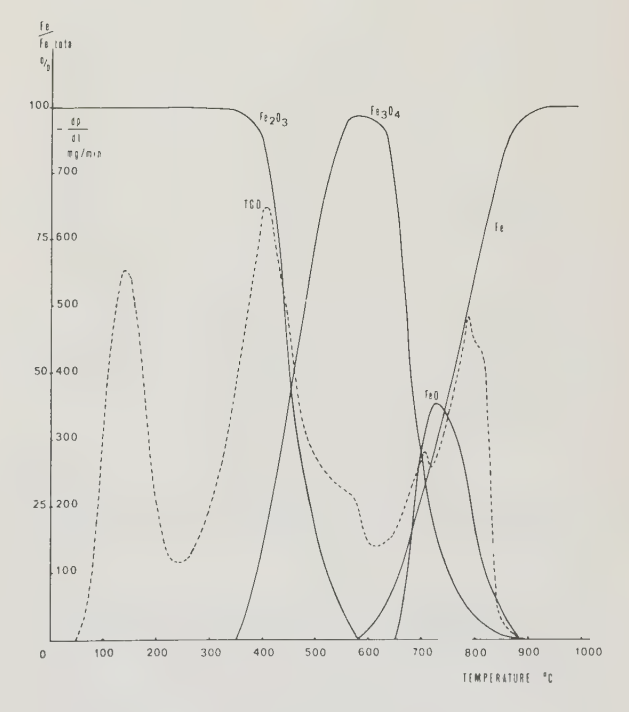


Fig. 11. — Etats du fer dans le ferrocoke

4. DISCUSSION DES RESULTATS

Comme nous avions été amenés à le faire dans l'étude de la pyrolyse des mélanges de charbon et d'oxydes de fer [2], il faut envisager deux questions de base : d'une part, quelle est l'influence des oxydes de fer sur la pyrolyse du lignite et, d'autre part, quelles sont les qualités réductrices du lignite vis-à-vis de ces oxydes ?

Pour pouvoir répondre à la première question, il faut rappeler comment se déroule la pyrolyse du lignite seul. L'examen des courbes TG et TGD (fig. 1) permet de distinguer trois étapes : en dessous de 200°C, on a d'abord une déshydratation importante puisque le lignite est riche en eau ; ensuite, entre 300° et 550°C, une perte de poids importante qui indique le départ des goudrons et d'une certaine quantité de gaz : des oxydes de carbone, principalement CO_2 , et des hydrocarbures gazeux, surtout CH_4 (fig. 4 et 5) ; enfin au-dessus de 500°C, la pyrolyse produit surtout des gaz, ce qui provoque une perte de poids nettement moindre.

On retrouve dans ces gaz des oxydes de carbone, où le CO prend plus d'importance, du méthane en quantités décroissantes quand la température augmente, et de l'hydrogène.

Notre installation expérimentale ne nous permet malheureusement pas de recueillir les goudrons pour déterminer l'influence que la présence des oxydes de fer a sur leur quantité, mais la comparaison des figures 1, 2 et 3 permet d'estimer qu'elle est négligeable car la thermogravimétrie n'enregistre pas de différences appréciables entre les mélanges et le lignite pur en dessous de 500°C. Seuls les dégagements d'hydrocarbures gazeux sont légèrement abaissés par la présence des oxydes de fer et surtout de l'hématite.

Dans cette zone de température, les résultats diffèrent donc fortement de ceux rencontrés lors de la pyrolyse des mélanges de charbon et d'oxyde de fer. Dans ce cas, en effet, la présence d'hématite diminue appréciablement la perte de poids au cours de la volatilisation primaire, ce qui est attribué à une diminution surtout de la quantité de goudron.

Comme pour ces températures, on a déjà une réduction de l'hématite en magnétite, cet effet peut s'expliquer par une déshydrogénation des molécules de charbon suivant la réaction globale :

charbon + oxygène → H_2O

+ charbon déshydrogéné

semblable à celle constatée par Loison, Foch et Boyer [13] avec d'autres oxydants.

En effet, la déshydrogénation des molécules de charbon défavorise les réactions de craquage, qui consomment de l'hydrogène, au profit des réactions de condensation en grosses molécules aromatiques qui libèrent de l'hydrogène. Dans le cas des mélanges de charbon et d'oxydes de fer, cet effet provoque donc une diminution du rendement en goudrons et une augmentation du rendement en semi-coke.

Avec le lignite, cet effet de l'hématite n'apparaît pas. L'explication peut en être trouvée dans le fait que la volatilisation primaire du lignite se produit à plus basse température (de 250° à 500°C, avec un maximum à 420°C) que celle du charbon (de 400° à 550°C, avec un maximum à 480°C), ce qui fait qu'elle est presque terminée lorsque la réduction de l'hématite en magnétite devient importante. L'influence de cette réaction de réduction sur les réactions de formation des goudrons est donc négligeable. De plus, la pyrolyse du lignite dans cette zone dégage du monoxyde de carbone qui participe à la réduction de l'hématite, et diminue l'importance de la déshydrogénation du lignite.

La séquence de réduction des oxydes de fer révélée par la diffraction des rayons X (fig. 10 et 11) fournit une réponse à la seconde question.

Dans le mélange lignite-hématite, la réduction commence entre 350° et 400°C avec la transformation de Fe_2O_3 en Fe_3O_4 . Cette première réduction se termine vers 550°C. Elle se marque par un léger accroissement de la vitesse de perte de poids sur la courbe TGD. Simultanément, on enregistre une légère diminution des dégagements d'hydrocarbures gazeux et de monoxyde de carbone et une légère augmentation de la production de CO_2 .

Entre 400° et 550°C, on a donc

$$3\,Fe_2O_3 + 2\,[H] \rightarrow 2\,Fe_3O_4 + H_2O \qquad (1)$$

$$3\,Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2\,Fe_3O_4 + H_2O \qquad (2)$$

[H] provenant, soit d'hydrogène formé par la pyrolyse du lignite, soit d'hydrocarbures gazeux.

A partir de 570°C, Fe_3O_4 se réduit lui-même en Fe et en FeO. La diffraction des rayons X ne décèle pas de FeO avant 650°C, alors que thermodynamiquement sa formation est possible à partir de 570°C [14]. Deux raisons peuvent être trouvées à cette constatation.

Il faut d'abord remarquer que la température prise comme référence pour la thermogravimétrie est celle mesurée à l'intérieur du four, en dessous du creuset, corrigée par le léger décalage de température existant entre ce thermocouple et la position occupée par le creuset. Cependant, malgré cette correction, on ne peut dire qu'il s'agit de la température régnant au cœur de l'échantillon.

La température réelle dépend de nombreux facteurs [15] : réactions exo- ou endothermiques, conductibilité thermique et forme de l'échantillon, caractéristiques du creuset, balayage gazeux, etc... Il existe donc une certaine incertitude sur la température exacte à laquelle les différents phénomènes se produisent. Il est d'ailleurs connu qu'il ne faut attacher, aux températures caractéristiques mesurées par

une méthode dynamique comme la thermogravimétrie, qu'une valeur relative dépendant des différentes conditions expérimentales.

Ensuite, il faut tenir compte du seuil de détection de la diffraction des rayons X. La suite du diagramme montre que FeO se réduit en Fe dès ces températures, ce qui éloigne le moment où la quantité de FeO formée par réduction de Fe_3O_4 et non réduite en Fe atteint une valeur suffisante pour que son pic caractéristique émerge du bruit de fond du diagramme de diffraction.

A partir de 570°C donc, Fe_3O_4 se réduit en Fe et en FeO ; FeO lui-même se réduit partiellement en fer, cette réduction s'accélérant au-delà de 710°C ; entre 850° et 900°C, la réduction est terminée, il ne subsiste aucune trace d'oxydes. Les maximas enregistrés sur la courbe TGD s'expliquent par les variations de vitesses de croissance et de décroissance des différents oxydes.

Dans cette zone de température (570° à 900°C), on remarque également une diminution de la production d'hydrogène et une augmentation de celles des oxydes de carbone par rapport à ce qui se passe avec le lignite seul. On a donc les réactions :

T° réelle $<$ 570°C :

$$Fe_3O_4 + 4H_2 \rightarrow 3\,Fe + 4H_2O \qquad (3)$$

$$Fe_3O_4 + 4CO \rightarrow 3\,Fe + 4CO_2 \qquad (4)$$

T° réelle $>$ 570°C :

$$Fe_3O_4 + H_2 \rightarrow 3FeO + H_2O \qquad (5)$$

$$FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O \qquad (6)$$

$$Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2 \qquad (7)$$

$$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2 \qquad (8)$$

Il faut tenir compte également de :

réaction de Boudouard :

$$CO_2 + C \rightleftharpoons 2\,CO \qquad (9)$$

réaction de conversion :

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2 \qquad (10)$$

Au départ du mélange lignite-magnétite, les mêmes réactions se produisent, mais les vitesses de réduction de Fe_3O_4 et du FeO intermédiaire sont plus faibles que ce qu'elles étaient dans le mélange contenant au départ de l'hématite. L'apparition du fer se fait plus lentement, mais à 900°C il ne subsiste également quasi plus d'oxydes de fer. Le résultat de la diffraction des rayons X confirme bien l'allure plus étalée de la courbe T.G.D.

Cette différence de réductibilité des oxydes suivant les circonstances de leur formation avait déjà été observée pour les mélanges à base de charbon [1] et constitue un phénomène bien connu. Walke, Ford et Carpenter [16] notamment, montrent nettement l'importance de la température à laquelle a été effectuée la réduction de Fe_2O_3 en Fe_3O_4 sur la cinétique du processus total de réduction en fer.

La réduction des oxydes de fer lors de la pyrolyse du lignite se déroule donc suivant la même séquence que celle trouvée pour le charbon [1] mais, sauf pour la première réduction de Fe_2O_3 en Fe_3O_4, à des températures nettement inférieures. L'état d'oxydation du fer dans le ferrocoke en formation confirme en cela les conclusions tirées des positions relatives des courbes T.G.D.

Le lignite, en mélange avec des oxydes de fer, s'avère donc être un réducteur nettement supérieur au charbon. La principale raison doit en être certainement trouvée dans l'abondance plus grande, et à plus basse température, de gaz réducteurs dégagés par pyrolyse : la pyrolyse du lignite produit une quantité importante du CO et l'hydrogène se dégage à des températures inférieures à celles enregistrées pour la pyrolyse du charbon. De plus, il est bien connu que le coke de lignite est plus réactif que le coke de charbon, et une bonne carboxyréactivité du coke favorise la réaction [9] productrice de CO.

BIBLIOGRAPHIE

[1] R. Cyprès, C. Soudan-Moinet et G. Leherte — *Annales des Mines de Belgique*, 4, 553-563 (1973).

[2] C. Soudan-Moinet — *Annales des Mines de Belgique*, 10, 977-988 (1974).

[3] M.M. Fine, J.P. Hansen et N.B. Melcher — *U.S. Bureau of Mines. Report of Investigations* n° 6152 (1962).

[4] M.M. Fine, N.B. Melcher et coll. — *U.S. Bureau of Mines, Bulletin* 651 (1970).

[5] M. Weltner — *Acta Chim. Acad. Sci. Hung*, 21, 1-33 (1959)

[6] E. Buzagh - Gere et J. Simon-Period. *Polytech. Chem. Eng* 18 (1) 33-45 (1974).

[7] M.N. Ulanov, G.U. Grebentchikov et J.L. Farberov — *Tr. Inst. Goryuch Iskop Moskova*, 24 (1) 117-125 (1968).

[8] A. Turowska — *Koks, Smola, Gaz*, 5 (4), 151-6 (1960).

[9] J.E. Ashmore et R.V. Wheeler — *Journal of Chem. Soc.* 474-80 (1934).

[10] C.U.S. Ratnam — *J. Sci. Ind. Research* (India) 12B, 209-11 (1953).

[11] P.A. Wasson et M.M. Fine — *U.S. Bureau of Mines Report of Investigations* n° 6338 (1963).

[12] I. Zlateva — *Izv Inst. Obshcka. Neorg. Org. Khim Geol. Zazvedka* 7 (6) 66-70 (1964).

[13] R. Loison, P. Foch et A. Boyer — « Le coke », *Dunod* 1970.

[14] L.S. Darken et R.W. Gurry — *J.Am.Ch. Soc.* Vol. 68, pp. 798-816 (1946).

[15] W.W. Wendlandt — Thermal Methods of Analysis, *John Wiley and Sons* 1974.

[16] R.D. Walker, N.S. Ford et D.L. Carpenter — *Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan* Vol. 11, 473-477 (1971).

L'activité des services d'inspection de l'Administration des Mines en 1975

(Rapport établi en application des articles 20 et 21 de la convention internationale n° 81 « Inspection du Travail ». 1947).

Bedrijvigheid van de Inspectiediensten van de Administratie van het Mijnwezen in 1975

(Opgesteld bij toepassing van de artikelen 20 en 21 van het internationaal verdrag nr 81 « Arbeidsinspectie » 1947)

J. MEDAETS
Directeur général des mines
Directeur-generaal der mijnen

RESUME

Comme chaque année depuis 1960 et conformément à l'obligation de publication que lui impose l'article 20 de la Convention internationale n° 81 sur l'Inspection du Travail, l'Administration des Mines rend compte de son activité dans ce domaine au cours de l'année 1975. Les matières traitées dans ce rapport restent, dans l'ordre, celles que définit l'article 21 de la Convention.

SAMENVATTING

Zoals ieder jaar sedert 1960 en zoals artikel 20 van het Internationaal Verdrag nr. 81 over de Arbeidsinspectie voorschrijft, brengt de Administratie van het Mijnwezen verslag uit over haar bedrijvigheid op dat gebied in de loop van het jaar 1975. De onderwerpen die in dit verslag besproken worden, zijn nog steeds die welke in dezelfde volgorde in artikel 21 van het Verdrag bepaald zijn.

INHALTSANGABE

Entsprechend den Bestimmungen des Artikels 20 der Internationalen Konvention 81 über die Gewerbeaufsicht legt die Bergbehörde hiermit, wie alljährlich seit 1960, ihren Tätigkeitsbericht für das Jahr 1975 vor. Die Gliederung entspricht den in Artikel 21 der Konvention niedergelegten Richtlinien.

SUMMARY

As every year since 1960 and in conformity with the compulsory publication imposed by article 20 of the International Convention nr. 81 on the Inspection of Work, the Administration of Mines gives an account of its activity in this matter during 1975. The subjects dealt with in this report remain as laid down in article 21 of the convention.

Les attributions respectives des diverses administrations qui se partagent en Belgique les tâches de l'Inspection du Travail visées par la convention internationale n° 81 n'ont subi en 1975 aucune modification.

De onderscheiden ambtsbevoegdheden van de verschillende administraties die in België de taken van de Arbeidsinspectie bedoeld in het internationaal verdrag nr. 81 uitoefenen, zijn in 1975 niet veranderd.

ANNEE 1975

1. Lois et règlements relevant de la compétence de l'inspection du travail dans les établissements surveillés par l'Administration des Mines

11. Lois

Au cours de l'année 1975, la législation du travail dont l'application est assurée par l'Administration des mines dans les établissements soumis à sa surveillance, a été modifiée en ce qui concerne la réduction du nombre d'années de service requis au fond des mines de houille pour l'octroi d'une pension de retraite complète ainsi que la recherche et l'exploitation des sites-réservoirs souterrains destinés au stockage.

La loi du 28 mars 1975 a réduit de 27 à 25 ans le nombre d'années de service requis au fond des mines de houille pour l'octroi d'une pension de retraite complète.

La loi du 18 juillet 1975 a réglé la recherche et l'exploitation de sites-réservoirs naturels ou artificiels destinés au stockage souterrain de gaz.

12. Règlements

121. Applications particulières de règlements généraux aux travailleurs des établissements surveillés par l'Administration des Mines

En exécution de la nouvelle loi relative à la recherche et à l'exploitation des sites-réservoirs souterrains destinés au stockage de gaz, quatre arrêtés royaux du 29 décembre 1975 ont fixé notamment les règles et les modalités d'octroi d'un permis de recherche et d'exploitation.

En application de l'article 56, § 2, du Traité de Paris, le Gouvernement belge et la Commission des Communautés européennes ont conclu le 23 décembre 1975 une nouvelle convention fixant les modalités et les conditions d'octroi des aides de réadaptation aux travailleurs des industries du charbon et de l'acier, qui ont perdu leur emploi par suite d'arrêt, de réduction ou de modification de l'activité de ces industries. Cette convention remplace celle

JAAR 1975

1. Wetten en reglementen die tot de bevoegdheid van de arbeidsinspectie behoren in de instellingen waarop de Administratie van het Mijnwezen toezicht houdt

11. Wetten

In 1975 heeft de arbeidswetgeving waarvan de toepassing onder het toezicht van de Administratie van het Mijnwezen valt in de instellingen waarop deze administratie toezicht houdt, wijzigingen ondergaan wat betreft de vermindering van het vereiste aantal dienstjaren in de ondergrondse steenkolenmijnen voor het toekennen van een volledig rustpensioen en wat betreft het opsporen en exploiteren van ondergrondse bergruimten in situ bestemd voor het opslaan van gas.

De wet van 28 maart 1975 heeft het vereiste aantal dienstjaren in de ondergrondse steenkolenmijnen voor het toekennen van een volledig rustpensioen van 27 verminderd tot 25.

De wet van 18 juli 1975 heeft een regeling uitgevaardigd voor het opsporen en exploiteren van natuurlijke of kunstmatige bergruimten in situ bestemd voor het ondergronds opslaan van gas.

12. Reglementen

121. Bijzondere toepassingen van algemene reglementen op de werknemers uit de instellingen waarop de Administratie van het Mijnwezen toezicht houdt

In uitvoering van de nieuwe wet betreffende het opsporen en exploiteren van ondergrondse bergruimten in situ bestemd voor het opslaan van gas zijn vier koninklijke besluiten van 29 december 1975 uitgevaardigd, die onder meer handelen over de voorschriften en de wijze waarop een vergunning voor het opsporen en exploiteren van ondergrondse bergruimten in situ bestemd voor het opslaan van gas wordt verleend.

Op 23 december 1975 werd tussen de Belgische Regering en de Commissie van de Europese Gemeenschappen, bij toepassing van artikel 26, § 2, van het Verdrag van Parijs, een nieuwe overeenkomst gesloten tot vaststelling van de toekenningsmodaliteiten en — voorwaarden van de wederaanpassingshulp voor werknemers in de kolen- en staalindustrieën die ten gevolge van de definitieve staking, vermindering of wijziging van de activiteit van deze

du 2 février 1965, dont le texte a été précisé tandis que le régime des aides de réadaptation a été modifié dans un sens favorable aux travailleurs, notamment par une prolongation de la période d'octroi de ces aides.

Par ailleurs, l'arrêté royal du 24 juin 1975, portant modification de l'arrêté royal du 22 juillet 1966 accordant une prime de reclassement aux travailleurs licenciés à la suite de la fermeture totale ou partielle ou de la réduction d'activité d'entreprises charbonnières, a porté de 20 000 F à 40 000 F le montant de la prime de reclassement.

122. **Réglementation des conditions de travail. Conventions collectives de travail. Commissions paritaires**

Au cours de l'année 1975, 53 conventions collectives de travail ont été conclues par les commissions paritaires de l'industrie des briques et de l'industrie des carrières . 4 à la commission paritaire nationale de l'industrie des briques, 4 aux commissions paritaires régionales de ce secteur, 2 à la commission paritaire nationale de l'industrie des carrières et 43 aux commissions paritaires régionales de ce secteur.

Les conventions nationales concernent les conditions générales de travail (salaires, durée de travail, prime de fin d'année, congés, fonds social, vêtements de travail, etc...), les avantages sociaux supplémentaires et la formation sociale.

Les conventions régionales concernent principalement les mêmes objets, l'intervention de l'employeur dans les frais de transport ainsi que l'octroi d'avantages supplémentaires.

La Commission nationale mixte des mines a approuvé, en 1975, 14 conventions collectives de travail, relatives à :

1) une majoration générale des salaires de 5 % pour les ouvriers du fond et de 4 % pour les ouvriers de la surface à partir du 1er janvier 1975 ;

2) une majoration générale des salaires de 1 % au 1er juillet 1975 et une nouvelle majoration de 1 % au 1er octobre 1975 ;

3) une majoration du supplément de salaire attribué pour le poste de nuit ou le poste de l'après-midi, à partir du 1er janvier 1975 ;

4) l'octroi d'un supplément de salaire pour le poste de matin, mais uniquement pour les ouvriers qui font alternativement tous les postes que comporte l'alternance, à partir du 1er janvier 1975 ;

industrieën hun betrekking verloren hebben. Deze overeenkomst vervangt die van 2 februari 1965. Naast een verduidelijking van de tekst, werd het stelsel van de wederaanpassingshulp in een voor de werknemers gunstige zin aangepast, o.m. door een verlenging van de periode tijdens welke de genoemde hulp wordt verleend.

Verder heeft het koninklijk besluit van 24 juni 1975 tot wijziging van het koninklijk besluit van 22 juli 1966 tot toekenning van een herplaatsingspremie aan de werknemers die ten gevolge van de gehele of gedeeltelijke sluiting of van de vermindering der activiteit van steenkolenmijnen werden ontslagen, het bedrag van de herplaatsingspremie van 20 000 F op 40 000 F gebracht.

122. **Reglementering van de arbeidsvoorwaarden. Collectieve arbeidsovereenkomsten. Paritaire comités**

In 1975 werden 53 collectieve arbeidsovereenkomsten gesloten in de paritaire comités voor de steenbakkerij en voor het groefbedrijf : 4 in het nationaal paritair comité voor de steenbakkerij, 4 in de gewestelijke paritaire comités van deze sector, 2 in het nationaal paritair comité voor het groefbedrijf en 43 in de gewestelijke paritaire comités van deze sector.

De nationale overeenkomsten hadden betrekking op de algemene arbeidsvoorwaarden (lonen, arbeidsduur, eindejaarspremie, verlof, sociaal fonds, werkkleding, enz.), aanvullende sociale voordelen en de sociale vorming.

De gewestelijke overeenkomsten betroffen hoofdzakelijke dezelfde onderwerpen, de werkgeverstussenkomst in de vervoerkosten en de toekenning van aanvulende sociale voordelen.

De Nationale Gemengde Mijncommissie heeft in 1975, 14 collectieve arbeidsovereenkomsten goedgekeurd, die betrekking hebben op :

1) een loonsverhoging van 5 % voor de ondergrondse en van 4 % voor de bovengrondse arbeiders op 1 januari 1975 ;

2) een algemene loonsverhoging van 1 % op 1 juli 1975 en van nogmaals 1 % op 1 oktober 1975 ;

3) een verhoging van de loontoeslag toegekend in geval van nacht- of van namiddagdienst, op 1 januari 1975 ;

4) de toekenning van een loontoeslag in geval van morgendienst, maar uitsluitend voor de arbeiders die afwisselend al de posten van de beurtwisseling verrichten, van 1 januari 1975 af ;

5) une réduction de la durée du travail des ouvriers de la surface de 15 minutes par jour avec maintien du salaire journalier, à partir du 1er janvier 1976 ;

6) l'octroi de la quatrième semaine de vacances en 1975 ;

7) les petits chômages ;

8) le taux de rémunération du travail presté au delà de la limite conventionnelle de la durée hebdomadaire du travail ;

9) la fixation des suppléments de salaire pour les prestations effectuées par les ouvriers mineurs durant les jours fériés ;

10) l'octroi exceptionnel d'une indemnité complémentaire unique de vacances aux ouvriers mineurs en 1975 ;

11) l'octroi d'indemnités journalières compensant la fourniture et/ou l'entretien des vêtements de travail à partir du 1er janvier 1975 jusqu'à la date à laquelle l'employeur fournira les prestations en nature correspondantes ;

12) la formation syndicale des représentants des travailleurs ;

13) l'octroi d'une prime de fin d'année 1975 ;

14) le doublement du pécule des deux premiers jours de la quatrième semaine de vacances en 1976.

5) een vermindering van de arbeidsduur van de bovengrondse arbeiders met 1/4 uur per dag met behoud van hetzelfde dagloon, van januari 1976 af ;

6) de toekenning van de vierde week vakantie in 1975 ;

7) het klein verlet ;

8) het beloningspercentage toepasselijk op de arbeid verricht na de conventionele grens van de wekelijkse arbeidsduur ;

9) de vaststelling van de loontoeslagen voor de prestaties op feestdagen verricht door de mijnwerkers ;

10) de uitzonderlijke toekenning van een eenmalige aanvullende vakantievergoeding aan de mijnwerkers in 1975 ;

11) de toekenning van dagelijkse vergoedingen die het verschaffen en/of het onderhoud van de werkkleding compenseren, van 1 januari 1975 af tot de datum waarop de werkgever de overeenstemmende prestaties in natura zal leveren ;

12) de syndikale vorming van de werknemersvertegenwoordigers ;

13) de toekenning van een eindejaarspremie 1975 ;

14) de verdubbeling van het vakantiegeld, in 1976, voor de eerste twee dagen van de vierde vakantieweek.

123. Police des mines et règlements particuliers

L'arrêté royal du 18 février 1975 a modifié l'arrêté royal du 29 avril 1958 relatif aux organes de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux du travail concernant les mines, minières et carrières souterraines pour admettre la représentation des jeunes travailleurs aux comités de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail.

L'arrêté royal du 3 mars 1975 a modifié et complété l'arrêté du Régent du 25 septembre 1947 portant règlement général des mesures d'hygiène et de santé des travailleurs dans les mines, minières et carrières souterraines et a généralisé le port du vêtement de travail.

L'arrêté royal du 18 juillet 1975 a abrogé l'arrêté royal du 10 décembre 1970 relatif à la lutte contre les poussières dans les travaux souterrains des mines de houille pour le remplacer par des dispositions plus actuelles.

Un arrêté ministériel de la même date concernant

123. Mijnpolitie en bijzondere reglementen

Een koninklijk besluit van 18 februari 1975 heeft wijzigingen aangebracht aan het koninklijk besluit van 29 april 1958 betreffende de organen voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing van de werkplaatsen in de mijnen, graverijen en ondergrondse groeven om de vertegenwoordiging van de jonge werknemers in de comités voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing der werkplaatsen te regelen.

Op 3 maart 1975 is een koninklijk besluit uitgevaardigd tot wijziging en aanvulling van het besluit van de Regent van 25 september 1947 houdende algemeen reglement betreffende de maatregelen op het gebied van hygiëne en gezondheid der arbeiders in de mijnen, ondergrondse groeven en graverijen en tot veralgemening van het dragen van werkkledij.

Een koninklijk besluit van 18 juli 1975 heeft het koninklijk besluit van 10 december 1970 betreffende de stofbestrijding in de ondergrondse werken van de steenkolenmijnen opgeheven en het door meer actuele bepalingen vervangen.

Een ministerieel besluit van dezelfde datum heeft

le même objet a abrogé et remplacé l'arrêté ministériel du 10 décembre 1970.

124. **Délégués-ouvriers à l'inspection**

En 1975, six arrêtés ministériels ont modifié successivement les barèmes de rémunérations pour les porter à 483 852 F/an au minimum et à 545 112 F/an au maximum pour les délégués à l'inspection des mines de houille d'une part, et à 446 100 F/an au minimum et à 495 964 F/an au maximum pour les délégués à l'inspection des minières et des carrières d'autre part.

125. **Règlement général pour la protection du travail (R.G.P.T.)**

Au cours de l'année 1975, plusieurs arrêtés royaux ont apporté des modifications au R.G.P.T. Le premier en date du 21 avril 1975 est relatif aux ambiances des lieux de travail. Le deuxième en date du 20 juin 1975 insère une section X dans le titre II, chapitre I du R.G.P.T. concernant la politique de prévention et la mission du chef de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail. Enfin, le troisième en date du 8 août 1975 est relatif à la prévention de la pollution atmosphérique par les oxydes de soufre et les poussières engendrée par les installations industrielles de combustion.

2. Personnel de l'Administration des Mines chargé de l'inspection du travail

Le personnel technique chargé de l'inspection du travail compte un effectif de 101 personnes, composé d'ingénieurs civils des mines, d'ingénieurs civils d'autres disciplines, d'ingénieurs techniciens, de géomètres des mines, d'agents techniques, de délégués-ouvriers à l'inspection des mines de houille et de délégués à l'inspection des minières et des carrières. La répartition s'établit suivant le tableau I ci-dessous.

Indépendamment du personnel technique, l'Administration des mines compte un personnel scientifique et un personnel de maîtrise affecté au Service géologique de Belgique et, pour l'ensemble de ses services, d'un personnel administratif de 92 unités.

Enfin, l'Administration des mines dispose d'un laboratoire à Pâturages, dépendant de l'Institut national des industries extractives (organisme d'intérêt public). Ce laboratoire — auquel trois ingénieurs du Corps des mines prêtent leur collaboration — a pour mission notamment d'entreprendre ou de patronner tous essais, recherches ou études susceptibles d'apporter une contribution directe ou

het ministerieel besluit van 10 december 1970 over hetzelfde onderwerp opgeheven en vervangen.

124. **Afgevaardigden-werklieden voor het toezicht**

In 1975 hebben zes ministeriële besluiten achtereenvolgens de weddeschalen gewijzigd ; de jaarwedde van de afgevaardigden bij het toezicht in de steenkolenmijnen werd aldus op 483 852 F in de minimumschaal en op 545 112 F in de maximumschaal gebracht en die van de afgevaardigden bij het toezicht in de graverijen en groeven op 446 100 F in de minimumschaal en op 494 964 F in de maximumschaal.

125. **Algemeen reglement voor de arbeidsbescherming (A.R.A.B.)**

In 1975 hebben verscheidene koninklijke besluiten het ARAB gewijzigd. Het eerste, van 21 april 1975, heeft betrekking op het arbeidsklimaat. Het tweede, van 20 juni 1975, heeft aan titel II, hoofdstuk I van het A.R.A.B. een afdeling X toegevoegd, die handelt over het voorkomingsbeleid en de opdracht van het hoofd van de dienst voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing van de werkplaatsen. Het derde besluit, van 8 augustus 1975, heeft betrekking op het voorkomen van luchtverontreiniging door zwaveloxyden en stofdeeltjes, afkomstig van industriële verbrandingsinstallaties.

2. Personeel van de Administratie van het Mijnwezen belast met de arbeidsinspectie

De technische personeelsformatie die met de arbeidsinspectie is belast bestaat uit 101 personen samengesteld uit burgerlijke mijningenieurs, burgerlijke ingenieurs van andere wetenschapstakken, technische ingenieurs, mijnmeters, technische beambten, afgevaardigden-werklieden bij het toezicht in de steenkolenmijnen en afgevaardigden-werklieden bij het toezicht in de graverijen en groeven. De verdeling ervan is in de hieronder staande tabel I aangeduid.

Buiten het technisch personeel beschikt de Administratie van het Mijnwezen over wetenschappelijk en over meesterpersoneel bij de Belgische Geologische Dienst en, voor het geheel van haar diensten, over 92 administratieve personeelsleden.

De Administratie van het Mijnwezen beschikt tenslotte eveneens over een laboratorium te Pâturages, dat van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven (instelling van openbaar nut) afhangt. Dit laboratorium — waaraan drie ingenieurs van het Mijnkorps hun medewerking verlenen — heeft o.m. als opdracht het op zich nemen of steunen van alle proeven, opzoekingen of studies

indirecte à l'amélioration des conditions de sécurité et de salubrité du travail et de proposer à l'agréation, après examen et essais, les appareils ou produits divers utilisés dans l'industrie.

die rechtstreeks of onrechtstreeks kunnen bijdrage tot verbetering van de veiligheids- en salubriteit voorwaarden bij het werk en allerhande in nijverheid gebruikte toestellen of produkten, onderzoek en beproeving, ter aanneming voor stellen.

TABLEAU I — TABEL I

GRADE	Emploi prévu au cadre organique / In de personeels-formatie voorkomende betrekking	Emploi occupé / Beklede betrekking	GRAAD
Directeur général des mines	1	1	Directeur-generaal der mijnen
Inspecteur général des mines	2	2	Inspecteur-generaal der mijnen
Directeur divisionnaire des mines et ingénieur en chef-directeur des mines	16	14	Divisiedirecteur der mijnen en hoofdingenieur-directeur der mijnen
Ingénieur principal divisionnaire des mines	13	8	Eerstaanwezend divisiemijningenieur
Ingénieur principal des mines et ingénieur des mines	17	20	Eerstaanwezend mijningenieur en mijningenieur
Ingénieur civil d'autres disciplines	6	7	Burgerlijk ingenieur van een andere wetenschapstak
Ingénieur-technicien-chef, ingénieur technicien principal et ingénieur technicien	10	6	Hoofd-technisch ingenieur, eerste technisch ingenieur en technisch ingenieur
Géomètre-vérificateur, géomètre de 1ère classe et géomètre des mines	14	11	Mijnmeter-verificateur, mijnmeter 1e klasse en mijnmeter
Agent technique	1	1	Technisch beambte
Délégué-ouvrier à l'inspection des mines de houille	16	16	Afgevaardigde-werkman bij het toezicht in de steenkolenmijnen
Délégué-ouvrier à l'inspection des minières et des carrières	15	15	Afgevaardigde-werkman bij het toezicht in de graverijen en groeven
TOTAL	111	101	TOTAAL
Situation au 31.12.1975			Toestand op 31.12.1975

3. Statistique des établissements assujettis au contrôle de l'inspection et nombre de travailleurs occupés dans ces établissements

Situation au 31 décembre 1975 : tableau II)

31. A. Nombre d'entreprises et d'établissements. Personnel

Dans l'industrie charbonnière un siège d'extraction a été fermé en 1975.

Le nombre d'ouvriers inscrits au fond a diminué de 669 unités (— 3,1 %).

Le nombre d'ouvriers inscrits à la surface a régressé de 524 unités (— 7,8 %), de sorte que la perte globale d'effectifs ouvriers a été en 1975 de 1 193 unités (— 4,3 %).

3. Statistiek van de inrichtingen onderworpen aa inspectie en aantal aldaar tewerkgestelde werknemers

(Toestand op 31 december 1975 : tabel II)

31. A. Aantal bedrijven en inrichtingen. Personee

In 1975 is in de kolennijverheid één bedrijfzete gesloten.

Voor de ondergrond is het aantal ingeschre ven werklieden met 669 eenheden afgenome (— 3,1 %).

Voor de bovengrond is het aantal ingeschreve werklieden met 524 eenheden afgenomen (— 7,8 % zodat er alles samen 1 193 arbeiders minder ware in 1975 (— 4,3 %).

INDUSTRIES	BEDRIJFSTAKKEN	Nombre d'entreprises / Aantal Ondernemingen	Nombre de sièges d'expl. en act. / Aantal Zetels in bedrijf	Personnel occupé (inscrits) Ouvriers Fond / Te werk gesteld personeel (ingeschreven) Werklieden Ondergrond	Ouvriers Surface / Werklieden Bovengrond	Employés / Bedienden	Total / Totaal	OBSERVATIONS	OPMERKINGEN
A. extractives	**A. Extractieve nijverheden**								
1) Mines de houille	1) Steenkolenmijnen	8	14	20 546	6 252(1)	1 016(1)	27 715(1)		
2) Mines métalliques	2) Metaalmijnen	2	2	21	4	3	28		
3) Minières avec leurs dépendances :	3) Graverijen en aanhorigheden :								
a) chaux et dolomie	a) kalk en dolomiet	26	35	—	2 128	554	2 682		
b) terres à briques et autres à ciel ouvert	b) baksteenaarde en andere in open lucht	129	139	—	5 352	747	6 099		
c) souterraines (terre plastique)	c) ondergrondse (plastische aarde)	—	—	—	—	-	-		
4) Carrières avec leurs dépendances :	4) Groeven en aanhorigheden :								
a) souterraines	a) ondergrondse	7	9	68	78	11	157		
b) à ciel ouvert	b) in open lucht	798	980	—	6 250	1 307	7 557		
Total : 3) + 4)	Totaal : 3) + 4)	960	1 163	68	13 808	2 619	16 495		
B. de transformation primaire des produits des industries extractives	**B. Bedrijven voor primaire bewerking v. d. produkten der extractieve bedr.**								
5) Cokeries et usines annexes	5) Cokesfabrieken en nevenbedrijven	8	12	—	3 005(2)	358	3 363		
6) Fabriques d'agglomérés	6) Agglomeratenfabrieken	8	8	—	94	5	99	non compris les employés des fabriques dépendant des mines de houille	de bedienden van de fabrieken van kolenmijnen niet inbegrepen
C. métallurgiques	**C. Metallurgie**								
7) Hauts-fourneaux	7) Hoogovens	8	12	—	6 571	606	7 177	non compris le personnel des cokeries sidérurgiques	het personeel van de cokesfabrieken van staalbedrijven niet inbegrepen
8) Aciéries	8) Staalfabrieken	17	25	—	8 985	1 094	10 079		
9) Laminoirs	9) Walserijen	23	41	—	25 014	4 100	29 114		
10) Autres établissements de l'industrie sidérurgique	10) Andere inrichtingen v. d. ijzer- en staalnijverheid	14	33	—	17 907	6 237	24 144		
Total : 7) à 10)	Totaal : 7) tot 10)	62(3)	111	—	58 477	12 037	70 514		
D. des explosifs	**D. Springstoffen**								
11) Fabriques	11) Fabrieken	10	17(4)	—	2 593	185	2 778	Source : Service des Explosifs (effectifs moyens 1975)	Bron : Dienst der Springstoffen (gemiddelde getalsterkte 1975)
12) Magasins de vente distincts des fabriques	12) Verkoopsmagazijnen niet behorend tot fabrieken	—	7(5)	—	20	7	27		
Total général	**Algemeen totaal**	1 050	1 334	20 635	84 253	16 230	121 019		

(1) Non compris le personnel ouvrier des fabriques d'agglomérés des houillères ; y compris le personnel des autres dépendances de surface et les employés des fabriques d'agglomérés des houillères.

(2) Y compris les ouvriers de cokeries sidérurgiques et usines annexes.

(3) Parmi lesquelles 6 complexes sidérurgiques ayant à la fois hauts-fourneaux, cokeries, aciéries, laminoirs et établissements divers.

(4) Dont 6 manufactures de pyrotechnie.

(5) Appartenant aux entreprises de fabrication.

(1) De werklieden van de agglomeratenfabrieken van kolenmijnen niet inbegrepen ; het personeel van de overige bovengrondse aanhorigheden en de bedienden van de aagglomeratenfabrieken van kolenmijnen wel inbegrepen.

(2) De werklieden van de cokesfabrieken van staalbedrijven en nevenbedrijven inbegrepen.

(3) Waaronder 6 staalcomplexen met hoogovens, cokesfabrieken, staalfabrieken, walserijen en diverse inrichtingen.

(4) Waaronder 6 vuurwerkfabrieken.

(5) Die van fabrieken afhangen.

Pour l'ensemble du personnel occupé, ouvriers et employés, la chute d'effectifs a été de 1 374 unités (— 4,7 %).

Pour l'ensemble des minières et carrières, tant souterraines qu'à ciel ouvert, le nombre d'ouvriers a diminué de 1 491 unités, tandis que le nombre d'employés diminuait de 318 unités.

En cokeries, le niveau de l'emploi s'est infléchi avec une perte de 96 unités.

Le niveau d'activité de la sidérurgie s'est effondré en 1975 : la production brute s'est réduite de 28,6 %.

Selon les données recueillies par les directeurs divisionnaires des mines, le niveau de l'emploi en sidérurgie a diminué en 1975 par rapport à 1974 (— 3 786 unités, soit 5,1 % par rapport à 1974) (1).

En ce qui concerne le nombre des entreprises de la sidérurgie, il faut rappeler que les grands complexes rassemblent dans une même entreprise une ou plusieurs divisions de hauts fourneaux et d'aciéries, souvent plusieurs divisions de laminoirs et maintes autres divisions (cokeries, agglomération des minerais, divisions de constructions mécaniques, etc.). Chacun d'eux est repris pour une même unité à chacune des lignes 7 à 10 de la colonne « entreprise » du tableau II et dès lors ces nombres, en ce qui les concerne, ne se cumulent pas pour former le nombre total d'entreprises de la sidérurgie (total 7 à 10), ni le nombre total d'entreprises surveillées par l'Administration des mines (total général).

Dans les fabriques d'explosifs le niveau de l'emploi ouvrier a augmenté de 178 unités.

32. Visites, observations, sanctions

321. Statistique des visites d'inspection

Le nombre de visites souterraines a diminué de 715 unités en 1975.

Le nombre de visites d'installations de surface des charbonnages par les ingénieurs et conducteurs des mines s'est relevé.

Le nombre de visites d'inspection dans les minières, les carrières et leurs dépendances s'est quelque peu abaissé. La fréquence des visites dans la sidérurgie et les cokeries a par contre augmenté.

Dans les magasins d'explosifs les visites d'inspection ont été moins nombreuses qu'en 1974.

Pour les canalisations souterraines, le nombre de visites d'inspection est de 136 unités en 1975.

(1) La répartition du personnel tant ouvrier qu'employé entre les diverses branches d'activité (hauts fourneaux, aciéries, laminoirs, autres établissements) n'est donnée qu'à titre indicatif car il semble que, d'une année à l'autre, les déclarants des complexes sidérurgiques aient effectué cette répartition d'une manière différente.

Het aantal werklieden en kantoorbedienden samen is met 1 374 verminderd (— 4,7 %).

Voor alle graverijen en groeven samen, zo ondergrondse als in de open lucht, is het aantal werklieden met 1 491 verminderd. Het aantal kantoorbedienden is met 318 gedaald.

In de cokesfabrieken is het peil van de tewerkstelling met 96 eenheden teruggelopen.

De bedrijvigheid in de staalindustrie is in 1975 sterk gedaald : de brutoproduktie is met 28,6 % verminderd.

Volgens de door de divisiedirecteurs verzamelde gegevens is de tewerkstelling in de staalindustrie in 1975 afgenomen (— 3 786 personen, d.i. 5,1 % minder dan in 1974) (1).

Wat het aantal ondernemingen van de staalindustrie betreft, dient erop gewezen te worden dat de grote complexen in één en dezelfde onderneming één of verscheidene hoogovenafdelingen en staalfabrieken, dikwijls verscheidene walserijen en vele andere afdelingen (cokesfabrieken, agglomeratie van ertsen, constructiebedrijven, enz.) omvatten. Ieder van deze bedrijven wordt op de regels 7 tot 10 telkens opnieuw voor een eenheid aangerekend in de kolom « Ondernemingen » van tabel II, zodat deze getallen voor die ondernemingen niet mogen samengesteld worden om het totaal aantal ondernemingen van de staalindustrie (Totaal 7 tot 10), noch het totaal aantal onder het toezicht van de Administratie van het Mijnwezen geplaatste ondernemingen (Algemeen totaal) te bekomen.

In de springstoffabrieken is het aantal werklieden met 178 toegenomen.

32. Bezoeken, opmerkingen, straffen

321. Statistiek van de inspectiebezoeken

Het aantal ondergrondse inspecties is in 1975 met 715 verminderd.

Het aantal schouwingen van bovengrondse installaties van kolenmijnen door de mijningenieurs en -conducteurs is toegenomen.

In de graverijen, de groeven en in de aanhorigheden van deze bedrijven is het aantal inspectiebezoeken heeft afgenomen. In de staalindustrie en in de cokesfabrieken is het daarentegen toegenomen.

In de springstofmagazijnen zijn minder inspectiebezoeken uitgevoerd dan in 1974.

Voor de ondergrondse leidingen zijn 136 inspecties uitgevoerd in 1975.

(1) De verdeling van het werklieden- en bediendenpersoneel over de verschillende afdelingen (hoogovens, staalfabrieken, walserijen en andere inrichtingen) wordt slechts als een aanwijzing gegeven, want de siderurgiecomplexen schijnen die verdeling van jaar tot jaar op een andere manier gedaan te hebben in hun aangiften.

1975 TABLEAU III — TABEL III 1975

INDUSTRIES	Nombre de visites d'inspection / Aantal inspectiebezoeken — Fond / Ondergrond	Surface / Bovengrond	Total / Totaal	BEDRIJFSTAKKEN
A. Extractives				**A. Extractieve nijverheden**
1. Mines et leurs dépendances :				1. Mijnen en aanhorigheden :
a) ingénieurs	230	306	536	a) ingenieurs
b) conducteurs des mines	33	11	44	b) mijnconducteurs
c) agents techniques	—	7	7	c) technische beambten
d) délégués-ouvriers	2 564	622	3 186	d) afgevaardigden-werklieden
2. Minières et leurs dépendances	13	1 555	1 568	2. Graverijen en aanhorigheden
3. Carrières et leurs dépendances	71	4 284	4 355	3. Groeven en aanhorigheden
B. C. Cokeries et fabriques d'agglomérés, divisions d'usines sidérurgiques	—	328	328	**B. C. Cokes- en agglomeratenfabrieken, afdelingen van ijzer- en staalfabrieken**
D. Explosifs				**D. Springstoffen**
11. Fabriques	—	—	—	11. Fabrieken
12. Magasins	2	146	148	12. Magazijnen
E. Excavations souterraines	40	—	40	**E. Ondergrondse uitgravingen**
F. Canalisations souterraines	—	136	136	**F. Ondergrondse leidingen**
Total	2 953	7 395	10 348	**Totaal**

322. Statistique des infractions commises et des sanctions imposées

Le nombre d'observations relevées par les ingénieurs et les délégués-ouvriers à diminué en 1975 par rapport à 1974.

Vingt-deux contraventions ont été relevées par procès-verbal en 1975 dans les mines, carrières et minières à ciel ouvert et la sidérurgie.

322. Statistiek van begane overtredingen en van opgelegde straffen

Het aantal door de mijningenieurs en door de afgevaardigden-werklieden gemaakte opmerkingen is in 1975 licht verminderd.

In 1975 zijn 22 overtredingen bij proces-verbaal vastgesteld in mijnen, open groeven en graverijen en in staalbedrijven.

1975 TABLEAU IV — TABEL IV 1975

INDUSTRIES	Observations faites par: les délégués ouvriers (inscr. au registre) / Door de afgevaardigden werklieden gemaakte aanmerkingen (Inschrijvingen in het register)	les ingénieurs: Inscr. au registre / Door de ingenieurs: Inschrijv. in het register	les ingénieurs: Autres obs. écrites / Door de ingenieurs: Andere schriftelijke aanmerkingen	Infractions relevées / Opgetekende overtredingen	BEDRIJFSTAKKEN
A. 1. Mines et leurs dépendances	722	16	9	—	A. 1. Mijnen en aanhorigheden
2. Minières, carrières et leurs dépendances :					2. Graverijen, groeven en aanhorigheden :
a) souterraines	—	2	—	—	a) ondergrondse
b) à ciel ouvert	1 106	135	26	19	b) in de open lucht
B. C. Cokeries, fabriques d'agglomérés, sidérurgie	—	24	36	3	B. C. Cokes- en agglomeratenfabrieken, ijzer- en staalbedrijven
D. Explosifs (fabriques et magasins B)	9	48	3	—	D. Springstoffen (fabrieken en magazijnen B)
E. Excavations souterraines	—	9	—	—	E. Ondergrondse uitgravingen
Total	1 837	234	74	22	**Totaal**

33. Statistique des accidents du travail
(Tableaux V à VIII)

331. Mines de houille

La statistique des accidents de travail survenus dans les mines de houille en 1975, établie par l'Administration des mines, répartit les accidents, d'une part suivant leur cause matérielle en 12 grandes rubriques pour les accidents du fond, 10 grandes rubriques pour les accidents de surface, et d'autre part, suivant l'importance de l'incapacité de travail, qui comporte 4 classes de gravité « 1 à 3 jours », « 4 à 20 jours », « 21 à 56 jours » et « 56 jours et plus ».

Le tableau V ci-dessous est un tableau condensé qui distingue les grandes rubriques des causes matérielles et seulement deux classes de gravité « 1 à 3 jours », « plus de 3 jours ».

On observe en 1975 une diminution du nombre total des victimes dans les travaux souterrains (— 4,5 %), et une légère augmentation du nombre de postes prestés au fond de 4,4 %.

Le nombre d'accidents mortels au fond a été de 9. A la surface, il n'y a pas eu d'accident mortel. Le nombre des accidents à incapacité permanente au fond a augmenté de 8 %. A la surface, le nombre total des victimes est diminué de 123 unités en 1975.

La répartition des accidents entre les différentes rubriques n'a pas subi de variation notable en 1975. La proportion de victimes d'accidents par éboulements et chutes de pierres et de blocs de houille s'établit à 38,1 % contre 37,7 % en 1974, du nombre total de victimes d'accidents du fond, celle des victimes d'accidents dus aux manipulations et chutes d'objets a diminué de 1 % par rapport à l'année précédente. La proportion d'accidents dus aux chutes et mouvements des victimes s'est maintenue au niveau de 1975 (+ 2%).

Le nombre d'accidents dus aux explosifs et à l'électricité a été de 4 au total.

La majeure partie des accidents mortels du fond ont eu pour cause le transport (5 sur 9) et les machines, outils, soutènements (3 sur 9).

Rapportés au nombre moyen de présence pendant les jours ouvrés (14 601 au fond et 5 366 à la surface en 1975) et au nombre total de postes prestés dans l'année (1), 3 755 640 au fond et

(1) Convertis en postes de 8 heures. Les postes réels sont de 8 h ou de 8 h 15, au fond et de 8 h 15 ou 8 h 30 à la surface selon qu'il y a 242 ou 234 jours de travail offerts dans l'année. Les chiffres cités comprennent les postes prestés, tant au fond qu'à la surface, pour les travaux de démantèlement dans les sièges où toute extraction a cessé. Ces postes ne sont pas repris dans les statistiques à caractère économique qui, sous ce rapport, peuvent donc présenter certaines discordances avec les chiffres cités ici.

33. Statistieken van de arbeidsongevallen
(Tabellen V tot VIII)

331. Steenkolenmijnen

In de statistiek van de in 1975 in de kolenmijnen gebeurde arbeidsongevallen, opgemaakt door de Administratie van het Mijnwezen, worden de ongevallen naar hun materiële oorzaken in 12 hoofdrubrieken voor de ongevallen in de ondergrond en in 10 hoofdrubrieken voor de ongevallen op de bovengrond ingedeeld en, anderdeels, naar de belangrijkheid van de arbeidsongeschiktheid, in 4 klassen « 1 tot 3 dagen », « 4 tot 20 dagen », « 21 tot 56 dagen » en « 56 dagen en meer ».

De hieronder staande tabel V is een beknopte tabel die wel de hoofdrubrieken naar de materiële oorzaken laat uitschijnen doch slechts twee klassen wat de ernst van de ongevallen betreft : « 1 tot 3 dagen » en « meer dan 3 dagen ».

In 1975 is het totaal aantal slachtoffers in de ondergrondse werken afgenomen (— 4,5 %), hoewel het aantal ondergrondse diensten licht toegenamen is (+ 4,4 %).

In de ondergrond zijn 9 dodelijke ongevallen gebeurd; op de bovengrond geen enkel. Het aantal ongevallen met blijvende ongeschiktheid is voor de ondergrond met 8 % gestegen in 1975. Op de bovengrond is het totaal aantal slachtoffers in 1975 met 123 verminderd.

De verdeling van de ongevallen onder de verschillende rubrieken heeft in 1975 geen opmerkelijke wijzigingen ondergaan. Het percentage slachtoffers van ongevallen door instortingen en vallende stenen of brokken steenkool veroorzaakt, bedraagt 38,1 % (tegen 37,7 % in 1974) van het totaal aantal slachtoffers van ongevallen in de ondergrond; dat van de slachtoffers van ongevallen door het manipuleren van allerlei materialen en door het vallen van voorwerpen veroorzaakt, is met 1 % afgenomen tegenover vorig jaar. Het percentage ongevallen veroorzaakt door het vallen of door bewegingen van de slachtoffers is in 1975 haast niet veranderd (+ 2 %).

Het aantal door springstoffen en elektriciteit veroorzaakte ongevallen beliep in totaal 4.

De meeste dodelijke ongevallen in de ondergrond zijn te wijten aan het vervoer (5 op 9) en aan machines, gereedschap en onderstemming (3 op 9).

Op het gemiddeld aantal aanwezigheden op de gewerkte dagen (14 601 in de ondergrond en 5 366 op de bovengrond in 1975) en op het totaal aantal in de loop van het jaar verrichte diensten (1),

(1) In diensten van 8 uren berekend. De werkelijke diensten duren 8 uren of 8 uren 15 minuten in de ondergrond en 8 uren 15 minuten of 8 uren 30 minuten op de bovengrond naargelang er 242 of 234 dagen per jaar zijn waarop kan gewerkt worden. De diensten, ondergronds of bovengronds aan ontmantelingswerken in stilgelegde mijnen besteed, zijn in de cijfers begrepen. Deze diensten worden niet meegerekend in de economische statistieken, die, wat dit punt betreft, dus andere cijfers kunnen geven.

1975 TABLEAU V — *Statistique des accidents chômants survenus dans les mines de houille en 1975* 1975

TABEL V — *Statistiek van de ongevallen met arbeidsverzuim in de kolenmijnen in 1975*

CAUSES (1)	Nombre de victimes / Aantal slachtoffers (2) = (3) + (4)	Nombre de victimes ayant subi une incapacité temporaire totale de 1 à 3 jours / Aantal slachtoffers met volledige tijdelijke ongeschiktheid van 1 tot 3 dagen (3)	temporaire totale de plus de 3 jours / volledige tijdelijke ongeschiktheid van meer dan 3 dagen (4)	permanente de moins de 20 % / blijvende ongeschiktheid van minder dan 20 % (5) *	permanente de 20 % ou plus / blijvende ongeschiktheid van 20 % of meer (6) *	la mort / Doden (7) *	OORZAKEN (1)
A. Au fond							**A. In de ondergrond**
1. Eboulements, chutes de pierres et de blocs de houille	4 769	873	3 896	114	1	1	1. Instortingen, vallen van stenen en brokken kool
2. Transports (à l'exclusion des accidents dus à l'électricité)	1 179	206	973	74	6	5	2. Vervoer (met uitsluiting van ongevallen veroorzaakt door elektriciteit)
3. Chute et mouvements de la victime	1 404	282	1 122	33	1	—	3. Vallen en verplaatsen van het slachtoffer
4. Machines, outils et soutènements	2 364	423	1 941	72	5	3	4. Machines, gereedschap en ondersteuning
5. Chutes d'objets	2 174	442	1 732	62	1	—	5. Vallen van voorwerpen
6. Explosifs	1	—	1	—	—	—	6. Springstoffen
7. Inflammations et explosions de grisou ou de poussières de charbon	—	—	—	—	—	—	7. Ontvlamming en ontploffing van mijngas en kolenstof
8. Dégagements instantanés, anoxies, asphyxies et intoxications par gaz naturels	1	1	—	—	—	—	8. Mijngasdoorbraken ; zuurstoftekort, verstikking en vergiftiging door aardgas
9. Feux de mine et incendies	1	—	1	—	—	—	9. Mijnvuur en branden
10. Coups d'eau	—	—	—	—	—	—	10. Waterdoorbraken
11. Courant électrique	3	—	3	—	—	—	11. Elektrische stroom
12. Divers (air comprimé, accidents survenus à la surface aux ouvriers du fond, autres causes)	615	301	314	6	—	—	12. Allerlei oorzaken (perslucht, op de bovengrond aan ondergrondse arbeiders overkomen ongevallen, andere oorzaken)
Total fond	12 511	2 528	9 983	361	14	9	**Totaal ondergrond**
B. A la surface							**B. Op de bovengrond**
1. Eboulements, chutes de pierres ou de blocs de houille							1. Instortingen, vallen van stenen of brokken kool
2. Transports							2. Vervoer
3. Chute de la victime							3. Vallen van het slachtoffer
4. Maniement ou emploi d'outils, machines et mécanismes							4. Hanteren en gebruik van gereedschap, machines en tuigen
5. Chutes et manipulation d'objets							5. Vallen en hanteren van voorwerpen
6. Explosifs							6. Springstoffen
7. Inflammations, explosions							7. Ontvlammingen, ontploffingen
8. Incendies et feux							8. Brand en vuur
9. Courant électrique							9. Elektrische stroom
10. Divers							10. Allerlei oorzaken
Total surface	795	—	—	—	—	—	**Totaal bovengrond**
Total général : Fond + surface	13 306	—	—	—	—	—	**Algemeen totaal : Ondergrond en bovengrond**
C. **Accidents sur le chemin du travail (« accidents de trajet)**	165	—	—	—	—		C. **Ongevallen op de weg naar of van het werk**

* compris dans (3) et (ou) (4).

* in (3) en (of) (4) begrepen

1.516.385 à la surface), ces nombres d'accidents donnent une proportion de 6,1 tués pour 10.000 présents au fond et de 0 tués pour 10.000 présents à la surface, 2,4 tués par million de postes prestés au fond et 0 à la surface.

Le taux de fréquence de tous les accidents (nombre d'accidents par million d'heures d'expositionau risque) a été de 416 au fond — il était de 455 en 1974 — et 65 la surface — il était de 76 en 1974.

332. Minières à ciel ouvert et carrières à ciel ouvert

Seule la statistique des accidents mortels des minières et carrières à ciel ouvert a été dressée jusqu'ici. La répartition en est faite suivant les mêmes grandes rubriques que pour les accidents des mines, comme indiqué au tableau VI.

Le nombre d'accidents mortels y est de 8, soit la moitié de celui de l'année précédente.

Le nombre de tués par accident de transport reste important, avec trois victimes sur huit.

3.755.640 in de ondergrond en 1.516.385 op de bovengrond) berekend, geven deze cijfers een verhouding van 6,1 doden per 10.000 aanwezigen in de ondergrond en 0 doden per 10.000 aanwezigen op de bovengrond, 2,4 doden per miljoen verrichte diensten in de ondergrond en 0 op de bovengrond.

De veelvuldigheidsvoet van al de ongevallen (aantal ongevallen per miljoen uren blootstelling aan het gevaar) bedroeg 416 in de ondergrond, tegenover 455 in 1974 en 65 op de bovengrond, tegen 76 in 1974.

332. Graverijen in open lucht en groeven in open lucht

Tot dusver wordt alleen de statistiek van de dodelijke ongevallen in open graverijen en groeven opgemaakt. De hoofdrubrieken zijn dezelfde als voor de ongevallen in mijnen, zoals uit tabel VI blijkt.

Er waren 8 dodelijke ongevallen, d.i. de helft van in 1974.

Het aantal door het vervoer veroorzaakte doden blijft aanzienlijk met 3 slachtoffers op de 8.

TABLEAU VI

Accidents mortels
dans les minières et carrières à ciel ouvert

1975

TABEL VI

Dodelijke ongevallen
in de graverijen en groeven in de open lucht

1975

Catégories d'accidents	Nombre de tués Aantal doden	Categorieën van ongevallen
1. Eboulements, chutes de pierres ou de blocs	—	1. Instortingen, vallen van stenen en brokken
2. Transport	3	2. Vervoer
3. Emploi d'outils, machines et mécanismes	2	3. Gebruik van werktuigen, machines, enz.
4. Manipulations et chutes d'objets	3	4. Manipulaties, vallen van voorwerpen
5. Chute de la victime	—	5. Vallen van het slachtoffer
6. Asphyxies et intoxications	—	6. Verstikking en vergiftiging
7. Explosions, incendies, feux	—	7. Ontploffingen, brand, vuur
8. Emploi des explosifs	—	8. Gebruik van springstoffen
9. Electrocution	—	9. Elektrocutie
10. Divers	—	10. Allerlei
Total	8	Totaal

333. Usines (Sidérurgie, cokeries et fabriques d'agglomérés, etc.) - Tableau VII

Ici encore l'Administration des Mines ne dresse que la statistique des accidents mortels.

Dans l'ensemble de ces établissements on a relevé en 1975, 14 accidents mortels, qui ont frappé 13 ouvriers des établissements sidérurgiques affiliés au Groupement des hauts-fourneaux et 1 des ouvriers étrangers à leur personnel mais occu-

333. Fabrieken (IJzer- en staalfabrieken, cokes- en agglomeratenfabrieken, enz.) - Tabel VII

Ook in deze sector maakt de Administratie van het Mijnwezen nog maar alleen de statistiek van de dodelijke ongevallen op.

In al deze inrichtingen samen hebben zich 14 dodelijke ongevallen voorgedaan in 1975, onder de slachtoffers waren er 13 werklieden van de siderurgiebedrijven die bij de Groepering van de Belgische Hoogovens aangesloten zijn; bovendien was er

pés dans l'enceinte de leurs établissements pour le compte d'entrepreneurs chargés de travaux de construction, de montage ou de démolition. Rappelons que certaines aciéries de moulage, surveillées par des ingénieurs des mines, ne font pas partie du groupement précité (1).

Dans l'ensemble des usines surveillées par les ingénieurs des mines, les accidents de transport sont nombreux (8) concurremment avec les chutes de la victime (2).

1 arbeider van aannemers die op het terrein van de onderneming bouw-, montage- of afbraakwerken uitvoerden. Men weet dat sommige staalgieterijen, die onder het toezicht van de mijningenieurs vallen, niet tot genoemde groepering behoren (1).

In alle door de mijningenieurs geïnspecteerde fabrieken samen zijn de ongevallen tijdens het vervoer nog altijd talrijk (8), samen met het vallen van het slachtoffer (2).

TABLEAU VII

Accidents mortels dans les usines (Sidérurgie, cokeries et fabriques d'agglomérés, etc.)

1975

TABEL VII

Dodelijke ongevallen in de fabrieken (IJzer- en staalfabrieken, cokes- en agglomeratenfabrieken, enz.)

1975

Catégories d'accidents	Nombre de tués / Aantal doden	Categorieën van ongevallen
1. Opérations de la fabrication	2	1. Verrichtingen van de fabricatie
2. Transport	8	2. Vervoer
3. Emploi d'outils, machines et mécanismes	—	3. Gebruik van werktuigen, machines, enz.
4. Manipulations, chutes d'objets, éboulements	—	4. Manipulaties en vallen van voorwerpen
5. Chute de la victime	2	5. Vallen van het slachtoffer
6. Asphyxies et intoxications	1	6. Verstikking en vergiftiging
7. Explosions, incendies, feux	—	7. Ontploffingen, brand, vuur
8. Emploi des explosifs	—	8. Gebruik van springstoffen
9. Electrocution	—	9. Elektrocutie
10. Divers	—	10. Allerlei
Total	13	**Totaal**

Le Comité de la sidérurgie belge, en accord avec la Commission des communautés européennes (C.C.E.), a poursuivi l'étude d'une statistique communautaire des accidents pour l'ensemble des entreprises qui lui sont affiliées.

Les renseignements disponibles sont donnés au tableau VIII.

Le nombre d'heures d'exposition au risque relatif aux accidents recensés par le « Comité de la sidérurgie belge » s'est élevé en 1975 à 84.223.654 pour les ouvriers et à 19.756.288 pour les employés.

Le taux de fréquence, c'est-à-dire le nombre d'accidents chômants par million d'heures d'exposition au risque, s'est amélioré en 1975, en passant de 114 à 97.

(1) Le « Groupement des Hauts-fourneaux » rassemble les complexes sidérurgiques et les aciéries intégrées possédant leurs propres laminoirs. Au « Comité de la sidérurgie belge » sont affiliés en outre les laminoirs indépendants (relamineurs).

In overleg met de Commissie van de Europese Gemeenschappen (C.E.G.) heeft het Comité van de Belgische Siderurgie de studie voortgezet van een Europese statistiek van de ongevallen in haar aangesloten bedrijven.

De beschikbare gegevens zijn in tabel VIII aangeduid.

Voor de ongevallen door het Comité van de Belgische Siderurgie opgetekend, bedroeg de duur van de blootstelling aan het risico, in 1975, 84.223.654 uren voor de werklieden en 19.756.288 uren voor de kantoorbedienden.

De veelvuldigheidsvoet, d.i. het aantal ongevallen met arbeidsverzuim per miljoen uren blootstelling aan het risico, is in 1975 afgenomen, nl. van 114 tot 97.

(1) Tot de « Groepering der Belgische Hoogovens » behoren de siderurgiecomplexen en de geïntegreerde staalfabrieken die hun eigen walserijen hebben. Bij het « Comité van de Belgische Siderurgie » zijn bovendien ook nog de zelfstandige walserijen (herwalsers) aangesloten.

1975 TABLEAU VIII — TABEL VIII 1975

USINES SIDERURGIQUES	Nombre d' ouvriers / Aantal werklieden	Nombre d' employés / Aantal bedienden	Nombre total d'accidents chômants ouvriers / Totaal aantal ongevallen met arbeidsverzuim werklieden	Nombre total d'accidents chômants employés / Totaal aantal ongevallen met arbeidsverzuim bedienden	IJZER- EN STAALFABRIEKEN
	54 497	10 784	8 173	155	

TABLEAU VIII*bis* — *Accidents survenus dans les établissements de l'industrie sidérurgique au personnel de ces établissements*

TABEL VIII*bis*. — *Ongevallen in ijzer- en staalbedrijven overkomen aan het personeel van deze inrichtingen*

1975 1975

CAUSES	Nombre de victimes / Aantal slachtoffers	Nombre de victimes ayant subi une incapacité temporaire totale / Aantal slachtoffers met volledige tijdelijke ongeschiktheid	Nombre de victimes ayant subi une incapacité permanente / Aantal slachtoffers met blijvende ongeschiktheid	Tués / Doden	OORZAKEN
— Machines	496	460	36	—	— Machines
— Machines motrices ou génératrices et pompes	59	56	3	—	— Aandrijfmachines, generatoren en pompen
— Ascenseurs et monte-charges	24	22	2	—	— Personen- en goederenliften
— Appareils de levage	419	371	42	6	— Heftoestellen
— Transporteurs-courroie, chaînes à godets etc...	110	100	10	—	— Transporteurs-banden, emmerladders, enz.
— Chaudières et autres récipients soumis à pression	31	31	—	—	— Stoomketels en andere vaten onder druk
— Véhicules	356	329	26	1	— Voertuigen
— Animaux	3	3	—	—	— Dieren
— Appareils de transmission d'énergie mécanique	68	62	5	1	— Transmissies van mechanische energie
— Appareillage électrique	101	100	1	—	— Elektrische apparatuur
— Outils à main	928	896	32	—	— Handgereedschap
— Substances chimiques	89	88	—	1	— Chemische stoffen
— Substances brûlantes ou très inflammables	456	437	18	1	— Brandende of licht ontvlambare stoffen
— Poussières	819	814	5	—	— Stof
— Radiations et substances radioactives	104	104	—	—	— Stralingen en radioactieve stoffen
— Surfaces de travail qui ne sont pas classées sous d'autres rubriques	1 921	1 789	129	3	— Niet onder een andere rubriek ingedeelde werkvlakken
— Agents matériels divers	2 050	1 968	82	—	— Verscheidene materiële agentia
— Agents non classés faute de données suffisantes	1 353	1 305	48	—	— Wegens onvoldoende gegevens niet ingedeelde agentia
Total	9 387	8 935	439	13	**Totaal**

TABLEAU IX

Accidents survenus dans les mines métalliques, les minières souterraines et les carrières souterraines

TABEL IX

Ongevallen overkomen in de metaalmijnen, de ondergrondse graverijen en de ondergrondse groeven

1975 — 1975

A. FOND / CAUSES TECHNIQUES	Nombre de victimes ayant subi une incapacité temporaire totale / Aantal slachtoffers met volledige tijdelijke ongeschiktheid: 1 à 3 j. / 1 tot 3 dagen	plus de 3 jours / meer dan 3 dagen	nombre total de victimes / totaal aantal slachtoffers	permanente / met blijvende ongeschiktheid: < 20 %	≥ 20 %	Tués / Doden	A. ONDERGROND / TECHNISCHE OORZAKEN
I. Eboulements et chutes de pierres	—	4	4	—	—	—	I. Instortingen en vallen van stenen
II. Moyens de transport	—	1	1	—	—	—	II. Vervoermiddelen
III. Chute et mouvement de la victime	1	1	2	—	—	—	III. Vallen en bewegen van het slachtoffer
IV. Maniement ou emploi de machines, outils, mécanismes et soutènements	2	1	3	—	—	—	IV. Hanteren of gebruiken van machines, gereedschap, tuigen en ondersteuningen
V. Chutes d'objets et manipulations diverses	2	3	5	—	—	—	V. Vallen van voorwerpen en allerlei manipulaties
VI. Explosifs	—	—	—	—	—	—	VI. Springstoffen
VII. Inflammations et explosions	—	—	—	—	—	—	VII. Ontbrandingen in ontploffingen
VIII. Anoxies, asphyxies et intoxications par gaz naturel et autres	—	—	—	—	—	—	VIII. Zuurstoftekort, verstikkingen door natuurlijke en andere gassen
IX. Feux et incendies	—	—	—	—	—	—	IX. Vuur en brand
X. Coups d'eau	—	—	—	—	—	—	X. Waterdoorbraken
XI. Electricité	—	—	—	—	—	—	XI. Elektriciteit
XII. Autres causes	—	1	1	—	—	—	XII. Andere oorzaken
Total pour le fond	5	11	16	—	—	—	**Totaal ondergrond**

Le taux de gravité (1) a été de 5,3 en 1975 et a légèrement diminué par rapport l'année précédente (5,5 en 1973).

L'exploitation des rapports annuels des chefs de service de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail des entreprises sidérurgiques pour dresser une statistique plus détaillée des

(1) Nombre de journées chômées des suites d'accidents par 1.000 heures d'exposition au risque, y compris les journées chômées conventionnellement attribuées aux accidents mortels (7.500) ou aux accidents entraînant une incapacité permanente de travail (7.500 pour 100 % d'invalidité).

De ernstvoet (1) is licht gedaald tot 5,3 (5,5 in 1974).

Een meer gedetailleerde statistiek van de ongevallen, naar de materiële oorzaken vermeld in artikel 835 octies van het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming ingedeeld, is in tabel

(1) Aantal dagen met arbeidsverzuim ingevolge ongevallen per 1.000 uren blootstelling aan het risico, met inbegrip van het conventioneel aantal verloren dagen wegens dodelijke ongevallen (7.500) of wegens ongevallen die een blijvende arbeidsongeschiktheid veroorzaakt hebben (7.500 voor 100 % invaliditeit).

accidents suivant leurs causes matérielles énumérées à l'article 835 octies du Règlement général pour la Protection du Travail, a conduit au tableau VIIIbis ci-dessus qui couvre la totalité des entreprises sidérurgiques du Royaume, affiliées ou non au « Groupement des hauts fourneaux ».

Le nombre total des victimes a diminué de 3.463 unités, celui des victimes atteintes d'incapacité permanente s'est abaissé de 174 unités.

VIIIbis opgenomen. Zij is opgesteld aan de hand van de jaarverslagen van de hoofden van de diensten voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing der werkplaatsen van de siderurgiebedrijven. Die tabel heeft betrekking op al de siderurgiebedrijven van het Rijk, ongeacht of ze bij de Groepering van de Belgische Hoogovens aangesloten zijn of niet.

Het totaal aantal slachtoffers is met 3.463 verminderd ; het aantal slachtoffers met een blijvende ongeschiktheid is met 174 gedaald.

TABLEAU IX (suite)

Accidents survenus dans les mines métalliques, les minières souterraines et les carrières souterraines

TABEL IX (vervolg)

In de metaalmijnen, ondergrondse groeven en graverijen gebeurde ongevallen

1975 1975

B. SURFACE / CAUSES TECHNIQUES	Nombre de victimes ayant subi une incapacité temporaire totale / Aantal slachtoffers met volledige tijdelijke ongeschiktheid: 1 à 3 j. / 1 tot 3 dagen	plus de 3 jours / meer dan 3 dagen	nombre total de victimes / totaal aantal slachtoffers	permanente / met blijvende ongeschiktheid: < 20 %	≥ 20 %	Tués / Doden	B. BOVENGROND / TECHNISCHE OORZAKEN
I. Eboulements et chutes de pierres	—	—	—	—	—	—	I. Instortingen en vallen van stenen
II. Transports	1	1	2	—	—	—	II. Vervoer
III. Maniements ou emploi d'outils, machines et mécanismes	1	1	2	—	—	—	III. Hanteren of gebruiken van machines, gereedschap en tuigen
IV. Chutes d'objets et manipulations	2	6	8	—	—	—	IV. Vallen van voorwerpen en manipulaties
V. Chute et mouvement de la victime	—	1	1	—	—	—	V. Vallen en bewegen van het slachtoffer
VI. Inflammations, explosions, asphyxie et intoxications	—	—	—	—	—	—	VI. Ontbrandingen, ontploffingen, verstikking en vergiftigingen
VII. Feux et incendies	—	—	—	—	—	—	VII. Vuur en brand
VIII. Explosifs	—	—	—	—	—	—	VIII. Springstoffen
IX. Electricité	—	—	—	—	—	—	IX. Elektriciteit
X. Autres causes	1	—	1	—	—	—	X. Andere oorzaken
Total pour la surface	5	9	14	—	—	—	**Totaal bovengrond**
Total fond + surface	10	20	30	—	—	—	**Totaal ondergrond en bovengrond**
C. Accidents sur le chemin du travail	—	—	—	—	—	—	**C. Ongevallen op de weg naar en van het werk**

334. Mines métalliques, minières souterraines et carrières souterraines

Le recensement et la classification des accidents survenus dans les mines métalliques, les minières

334. Metaalmijnen, ondergrondse graverijen en ondergrondse groeven

De telling en de indeling van de ongevallen in de metaalmijnen, de ondergrondse graverijen en de

souterraines et les carrières souterraines est fait par l'Administration des Mines sur les mêmes bases que pour les mines de houille.

Les données du tableau IX relatives à l'année 1975 concernent les carrières souterraines (ardoisières, terres plastiques, marbre, tuffeau, etc.) et l'unique mine de fer du pays. Ces établissements n'ont occupé ensemble en 1975 que 146 ouvriers, dont 68 au fond et 78 à la surface.

Il n'y a pas eu d'accident mortel en 1975. Le nombre total d'accidents chômants a été de 30 contre 55 en 1954.

335. **Fabriques d'explosifs**

Il y a eu en 1975 dans les fabriques d'explosifs 186 accidents chômants contre 108 en 1974, soit une augmentation de 42 %.

En 1975, on n'a pas enregistré d'accident mortel dans les fabriques.

34. Statistique des maladies professionnelles

Le Fonds des Maladies Professionnelles nous a communiqué ses données statistiques afférentes aux maladies professionnelles.

Le tableau ci-dessous donne, dans la deuxième colonne, le nombre de requêtes introduites annuellement par des mineurs de charbon présumés atteints de pneumoconiose.

La troisième colonne donne le nombre de requêtes de travailleurs des mines acceptées par le Fonds pour la réparation de la silicose du mineur.

En 1975, le nombre de requêtes introduites a diminué de 9 % par rapport à 1974 et le nombre de requêtes acceptées a diminué de 47 %.

ondergrondse groeven worden door de Administratie van het Mijnwezen op dezelfde grondslagen verricht als die van de ongevallen in de steenkolenmijnen.

De gegevens van tabel IX over het jaar 1975 hebben betrekking op de ondergrondse groeven (leisteen, plastische aarde, marmer, tufsteen, enz.) en op de enige ijzerertsmijn in het land. Al deze inrichtingen samen hebben in 1975 maar 146 arbeiders meer tewerkgesteld, nl. 68 in de ondergrond en 78 op de bovengrond.

In 1975 is geen enkel dodelijk ongeval gebeurd. Het totaal aantal ongevallen met arbeidsverzuim beliep 30 tegenover 55 in 1974.

335. **Springstoffabrieken**

In 1975 zijn in de springstoffabrieken 186 ongevallen met arbeidsverzuim gebeurd, tegenover 108 in 1974, d.i. 42 % meer.

In 1975 zijn er geen doden gevallen in de fabrieken.

34. Statistiek van de beroepsziekten

Het Fonds voor Beroepsziekten heeft ons zijn statistische gegevens over de beroepsziekten medegedeeld.

In de tweede kolom van de hieronder staande tabel is het aantal aanvragen aangeduid die ieder jaar ingediend zijn door mijnwerkers van kolenmijnen die vermoedelijk door stoflong aangetast waren.

In de derde kolom staat het aantal door het Fonds ingewilligde aanvragen van mijnwerkers (schadeloosstelling van mijnwerkerssilicosis).

In 1975 zijn 9 % minder aanvragen ingediend als in 1974. Het aantal ingewilligde aanvragen lag 47 % onder het cijfer van 1974.

Année Jaar	Nombre de requêtes introduites Aantal ingediende aanvragen	Nombre de requêtes acceptées (silicose du mineur) Ingewilligde aanvragen (mijnwerkerssilicosis)
1970	17 069	6 949
1971	8 888	10 797
1972	8 148	9 565
1973	6 068	2 745
1974	5 938	3 088
1975	5 405	1 637

On n'a plus signalé ces dernières années de cas de nystagmus ou d'ankylostomiase, autres maladies professionnelles des ouvriers mineurs.

De jongste jaren zijn geen gevallen meer bekend van nystagmus en ankylostomiase, twee andere beroepsziekten van mijnwerkers.

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet,* à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet,* donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE — GISEMENTS PROSPECTION — SONDAGES

IND. **A 521** Fiche n. **64.925**

G. BARTH et W. PITZ. Erfahrungen beim Teufen von Aufschlussbohrlöchern mit einer neuentwickelten Seilkerneinrichtung. *Expérience de l'Interplan des mines de la Sarre dans la foration de sondages de reconnaissance descendants avec un nouveau dispositif de carottage à câbles.* — **Glückauf,** 1976, 6 mai, p. 495/500, 4 fig., 3 tabl.

Description de la nouvelle installation de forage profond FB 298 de la firme Salzgitter. Du 1er janvier 1975 à septembre 1975, 13 sondages profonds totalisant 16.055 m ont été forés avec un rendement de 1,4 à 2,7 m/Hp et représentant 13,5 m à 24,7 m/jour. Le pourcentage de carottes sorties est de l'ordre de 99,3 à 99,5 %, contre 97 % avec les méthodes traditionnelles. Conditions de foration des différents sondages. Conclusion.

IND. **A 53** Fiche n. **64.856**

K. WHITWORTH. Exploring the North Sea for Britain's future coal reserves. *Les futures réserves de charbon britannique par prospection de la Mer du Nord.* — **World Coal,** 1976, avril, p. 25/28, 7 fig.

Entre 1958 et 1965, découverte, par forage en mer, de réserves de charbon (550 millions de t) sous la Mer de Durham ; charbon pouvant être exploité par extension des travaux de mines existantes. Programme supplémentaire de prospection du N.C.B. pouvant s'élever entre 12 et 30 Mio.£. Sondages à partir d'un bateau de 5950 t, équipé d'un derrick de 15,24 m, permettant de forer 600 m sous le fond de la mer. Stabilisation dynamique du navire au moyen de 4 moteurs à hélice de 1000 cv et commandés électroniquement par des émetteurs sonores ancrés au fond de l'eau et permettant l'immobilisation du navire malgré les vents et les mouvements de la mer. Equipement bathymétrique et géophysique, sondages carottés, échantillonnage in situ, laboratoire de mesures des propriétés des roches ou terrains

rencontrés. Les carottiers sont commandés par un câble placé à l'intérieur d'une tige de forage creuse et rigide. Système Gearhart Owen permettant d'obtenir automatiquement le profil du sondage : densité en vrac, lithologie et porosité. Essais des terrains in situ par pressuromètre et pénétromètre.

IND. **A 53** Fiche n. **64.882**

X. Les plates-formes d'exploration et d'exploitation off-shore réalisées par la C.F.E.M. — **Chantiers de France,** 1976, juin, p. 33/38, 13 fig.

Plates-formes auto-élévatrices (pour des profondeurs de 30 à 100 m) dont le déplacement s'effectue par flottaison jusqu'à l'endroit choisi pour le forage. Principe de ces plates-formes : pont flottant triangulaire ou hexagonal, d'environ 60 m de largeur et 8 m d'épaisseur ; dans ce pont : 3 puits à l'intérieur desquels coulissent 3 pieds (à base triangulaire et de structure tubulaire) qui sont descendus au moyen de crémaillères ou de vérins jusqu'au fond marin et, l'action continuant, le pont s'élève au-dessus de l'eau. Caractéristiques des plates-formes Trigone auto-élévatrices. Plates-formes semi-submersibles (pour des profondeurs entre 100 et 250 m). Principe : partie immergée importante à 25 m sous l'eau ; l'action de la houle est très réduite et crée ainsi des conditions de stabilité exceptionnelles ; elles possèdent 2 positions d'équilibre, la flottaison pour le transport et l'équilibre pour le forage. Caractéristiques des plates-formes Pentagone.

B. ACCES AU GISEMENT METHODES D'EXPLOITATION

IND. **B 30** Fiche n. **64.880**

H.H. EINSTEIN et N. BISCHOFF. Dimensionnement des tunnels en roche gonflante. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1976, mai-juin, p. 109/119, 12 fig., 1 tabl.

Importance du gonflement. Définition du gonflement. Analyse des différents types de gonflement. Mécanisme du gonflement de l'anhydrite, des schistes et marnes. Mesure du potentiel de gonflement, des caractéristiques du gonflement et des facteurs qui interviennent dans son mécanisme. Comment contrôler le gonflement. Le mécanisme du gonflement dans les tunnels. Méthode de calcul et d'étude des tunnels dans les terrains gonflants. Dispositif à adopter dans le projet et à la construction pour limiter le gonflement. Exemples : résumé d'observations dans les tunnels suisses de Bozberg, de Ricken, de Grenchenberg et de Belchen.

Biblio. : 13 réf.

IND. **B 30** Fiche n. **64.917**

G. MARZI. Die Entwicklung einer neuen Vortriebstechnik für das Auffahren von Strecken met Sprengarbeit. *La mise au point d'une nouvelle technique de creusement de galerie à l'explosif.* — **Glückauf,** 1976, 6 mai, p. 470/475, 4 fig.

Description de la nouvelle plate-forme multifonctions ATHB (soutènement, transport, levage et foration). Description du grillage métallique à petite maille et à haute résistance servant au garnissage. Performances réalisées : avancement de 3 m (8,7 m/jour) dans une section de 19 m^2 en 6 h ; 60 cm/Hp et 10 m^3/Hp. Discussion des résultats obtenus et développement ultérieur.

Biblio. : 4 réf.

IND. **B 31** Fiche n. **64.879**

P. AURIOL. Progrès réalisés dans les charbonnages de France en creusement de galeries au rocher. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1976, mai-juin, p. 97/108, 15 fig., 6 tabl.

Les mines de charbon françaises creusent actuellement 2 m de galerie au rocher par 1.000 t de charbon extraites. Mécanisation des différentes phases d'un cycle de creusement. 1. Foration : marteaux de 28 kg au lieu de 25, pression de 6 bars au lieu de 5 bars, utilisation de jumbos légers. 2. Le tir : cartouche de 40 mm au lieu de 25 mm. 3. Le chargement : pour des sections inférieures à 25 m^2, technique trackless à front avec 1 ou 2 pelles sur chenilles ou un locotracteur ; en galeries plus petites que 25 m^2, cette technique trackless n'est pas impérative. 4. Le soutènement : la mécanisation de la pose du soutènement par cintres métalliques n'a donné que des résultats partiels ; le boulonnage mécanisé a été un succès ; choix des galeries pouvant être boulonnées. Essais de l'ensemble des nouvelles techniques sur un même chantier, dans des galeries de grande section (27,4 m^2) et de section moyenne (18 à 24 m^2). Conclusions.

IND. **B 31** Fiche n. **64.883**

C. CHAPEAU. Application du procédé de congélation à l'azote liquide pour la construction de la galerie d'assainissement du lac du Bourget. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1976, juillet-août, p. 143/150, 14 fig.

La galerie, reliant le lac du Bourget au Rhône avec « écoulement gravitoire », a 12,325 km de longueur et rencontre des moraines glaciaires, des calcaires jurassiques et molasse marneuse à gréseuse. En novembre 1974, lors de l'ouverture de la galerie au

front d'attaque (alluvions lâches et moraines compactes rendues aquifères suite à une chute abondante de pluie), des venues d'eau importantes (70 m^3/h) déconsolidèrent le terrain de couverture d'une hauteur de 6 m. Parmi les solutions envisagées, celle par congélation du terrain depuis le front d'attaque fut retenue. Définition du projet de la voûte congelée : étude géotechnique complémentaire, schéma de principe, tubes congélateurs, mise à froid, entretien du froid, contrôle des températures. Exécution des travaux de congélation. Exécution de la galerie à l'abri de la voûte congelée. Conclusion : cette congélation par azote liquide a permis de creuser sans soutènement une longueur de 25 m ; maintien de la stabilité de la voûte congelée, bétonnage dont la prise est retardée par la paroi froide, abattage difficile, tassement de surface après décongélation.

IND. **B 31** Fiche n. **64.886**

H. HERBECK. Les travaux du tunnel de Katschberg et du Tauern de 1970 à 1975. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1976, juillet-août, p. 157/170, 15 fig.

Description générale du projet : tunnels du Tauern (6,4 km) et de Katschberg (5,4 km), utilisation du personnel et des machines. Installation des chantiers : alimentation en courant, air comprimé, eau, air frais, marinage et transport, fabrication du béton. Creusement du Tauern : géologie et géotechnique — creusement de la zone d'entrée et du terrain (nouvelle méthode autrichienne) — soutènement du terrain (cintres et tôles, ancrages et injection, boulonnage, béton projeté) — problèmes de chantier — sections particulières : chambres souterraines, tunnels de liaison et garages. Creusement du Katschberg : géologie et géotechnique — creusement du terrain — soutènement du terrain (boulonnage et béton projeté) — sections particulières : tunnels de ventilation et tunnels de liaison avec les garages.

IND. **B 33** Fiche n. **64.908**

S. VARDY et G.B. RALPH. Tunnelling techniques in coal mining. *Techniques de creusement des galeries dans l'industrie charbonnière.* — **The Mining Engineer,** 1976, juillet, p. 587/599, 5 fig., 2 tabl.

Les 3 principaux objectifs de la politique de creusement des galeries au rocher ou au charbon, dans la zone ouest du National Coal Board, sont : 1) la méthode de creusement doit être adaptée au type de voie et il faut choisir le type de machine qui convient le mieux ; 2) augmenter les rendements du creusement à l'explosif par l'application d'une technologie améliorée ; 3) poursuivre activement la mise au point de nouvelles machines de creusement. Il est donc nécessaire de disposer d'une banque de données qui permette, lors de l'étude d'un projet, d'obtenir toutes les informations nécessaires permettant d'améliorer les performances de la méthode de creusement.

IND. **B 410** Fiche n. **64.867**

D.W. HUNTER. Underground. Trends in coal mining systems — conventional, continuous, longwall, shortwall. *Tendances dans les méthodes d'exploitation du charbon : conventionnelles, continues, longues et courtes tailles.* — **Coal Age,** 1976, juin, p. 115/117.

En 1985, les exploitations souterraines fourniront environ 1/3 (411 Mio.t) de la production de charbon, et cela représente une croissance annuelle moyenne de 3 %. Le système d'exploitation classique est en déclin et les méthodes d'exploitation continue, par longues et courtes tailles, seront prédominantes pour les années à venir. Les autres méthodes, telles que combustion in situ et exploitation hydraulique, n'auront qu'un impact très limité sur la production. Le mineur continu jouera un rôle important surtout que les nouvelles machines sont plus étroites et plus basses, ce qui facilite les problèmes de ventilation et de pose du soutènement. Le transport continu contribuera à l'augmentation de la productivité. La principale tendance dans l'avenir sera les méthodes d'exploitation par longues et courtes tailles : investissement de l'ordre de 20.000 $/m. On constate le nombre croissant de longues tailles (84), dont 65 % avec havage et 35 % avec rabotage. Extension croissante du soutènement bouclier.

IND. **B 4110** Fiche n. **64.930**

X. Longwalling can put a new face on productivity. *L'exploitation par longue taille peut augmenter la productivité.* — **Coal Age,** 1976, juillet, p. 89/103, 5 fig.

Aux USA, l'exploitation du charbon par longue taille a débuté en 1960 et on estime que, pour fin 1976, il y aura 93 tailles utilisant cette méthode. Nouveautés techniques qui permettraient le développement des longues tailles : le soutènement bouclier qui assure une meilleure sécurité aux travailleurs, un meilleur contrôle du toit ; le halage sans chaîne de l'abatteuse-chargeuse ; le contrôle de la marche de la haveuse par sonde nucléonique empêchant les pics du tambour de l'abatteuse de mordre dans le toit, ce qui réduit le risque de production d'étincelles et permet un meilleur contrôle du toit, de prendre toute l'ouverture de la couche, ce qui augmente la production ; les systèmes de contrôle et de communication

par radio. La production des longues tailles s'élève actuellement à 4 % de la production totale et pourrait atteindre 10 % en 1980 avec 200 tailles en service. Un des facteurs qui pourrait accroître ce pourcentage serait la réussite de l'exploitation par longue taille à la mine « Mid-Continent-Coal's Dutch Creek » (Colorado).

Biblio. : 3 réf.

IND. **B 413** Fiche n. **64.861**

J.L. DURR et O. CAUBEL. Monographie du quartier 34. Dépilage à recoupes simultanées. — **Bulletin Technique des Mines de Fer de France,** 1976, 2e trimestre, p. 69/73, 4 fig.,3 tabl.

La méthode consiste à effectuer le dépilage simultanément dans 2 recoupes voisines débouchant sur le même chantier. Elle a pour but de favoriser la rupture des bancs durs du haut-toit et d'éviter ainsi de grands porte-à-faux qui engendrent des pressions excessives à front. La puissance de la couche varie entre 3,80 m et 4,80 m. L'orientation du fil de mine est de 45 ° par rapport à la direction des chantiers et le minerai est plutôt dur. Le toit a une bonne tenue et le mur est barré de bancs siliceux. Plan et structure du chantier. Ordre des opérations : tir des volées, prétorpillages avec les tirs des différentes volées et torpillage des 4 piliers. Foration par 2 jumbos Secoma J.T.H. type 011. Purgeage, avec une machine Pingon type 14 F 4 avant chargement. Boulonnage à la résine. Chargement avec chargeuses Caterpillar 980 B. Résultats détaillés du quartier (année 1975) ; le rendement mineur plus chargeur est de 100,6 t.

IND. **B 512** Fiche n. **64.897**

D.D. MARSTON. Application of bucket wheel excavators to thick Western coal seams. *Exploitation des couches de charbon épaisses de l'Ouest par des excavatrices à roue pelle.* — **Mining Congress Journal,** 1976, juin, p. 22/28, 6 fig.

Bref rappel historique de l'emploi des excavatrices à roue pelle (B.W.E.). L'utilisation de ces roues pelles (le diamètre de la roue est au moins de 6 m) demande des couches dont la puissance est au minimum de 4,50 m. Revue des états de l'Ouest qui contiennent les réserves de charbon et de lignite les plus importantes des USA, et examen des réserves exploitables à ciel ouvert et où les conditions d'emploi des B.W.E. sont réunies. Avantages et inconvénients des excavatrices à roue pelle. Etude des possibilités d'exploitation par roue pelle d'une couche de charbon en plateure de 18 à 25 m d'ouverture, où l'épaisseur des morts-terrains varie de 15 à 105 m et où la production sera de 8 Mio.t/an, et ce, pendant 30 ans. Investissements et matériel. Le prix de revient avec abattage par roue pelle est de 0,443 $/t contre 0,692 $/t pour la pelle.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT

IND. **C 245** Fiche n. **64.869**

P.H. MILLER. Blasting vibration and air blast as related to the method of initiation. *Les vibrations du minage et le souffle d'air sont en relation avec la méthode d'initiation.* — **Coal Age,** 1976, juin, p. 129/130.

L'énergie explosive, qui n'est pas utilisée pour le brisage des roches et leur déplacement, est libérée dans l'environnement sous forme de vibration et souffle d'air. Conseils pour minimiser ces 2 phénomènes : utilisation de détonateurs à retard EB (plus de 8 ms), limiter la quantité d'explosifs, modification du schéma du tir, limiter la fréquence du minage, etc...

IND. **C 44** Fiche n. **64.884**

J.F. BOUGARD et G. LEMOINE. Machines à forer. Coefficients d'utilisation et de disponibilité et indice de fiabilité des machines à pleine section. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1976, juillet-août, p. 151/153.

Coefficient d'utilisation : définition des éléments ou facteurs pris en considération ; ce coefficient est défini par le pourcentage du temps de fonctionnement de la machine par rapport à la durée totale des postes productifs. Coefficient de disponibilité : pourcentage du temps pendant lequel la machine est en état de fonctionner par rapport à la durée totale des postes productifs ; ce coefficient, utilisé avec le précédent, permet de mieux décrire à la fois le fonctionnement de la machine et le déroulement des travaux. Indice de fiabilité : pourcentage du temps de fonctionnement par rapport à la somme de ce dernier temps et des temps de panne. Indice de plein emploi : rapport du coefficient d'utilisation au coefficient de disponibilité. Coefficient d'immobilisation : différence entre le coefficient de disponibilité et le coefficient d'utilisation.

IND. **C 44** Fiche n. **64.885**

J.F. BOUGARD et G. COURTECUISSE. Enquête relative aux machines à forer à attaque ponctuelle. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1976, juill et-août, p. 153/156, 2 fig., 3 tabl.

Résultats de l'enquête sur les machines à attaque ponctuelle qui présentent, par rapport aux machines

à forer « pleine section », de nombreux avantages tels que : coût plus réduit, bonne maniabilité, bonne adaptation à de nombreux terrains et une grande souplesse d'intervention. L'enquête a porté sur les machines : Alpine, Anderson Mavor, Demag, Dosco, Eickhoff, Paurat, Salzgitter et Westfalia. Tableaux résumant la marque et le type, le modèle, le type de coupe ou d'attaque, le poids, la puissance disponible sur la tête, la possibilité de recevoir un bras télescopique ou non, les dimensions possibles de l'excavation, la résistance à la compression simple maximale de la roche à abattre (selon les constructeurs), les prix (base 1975). Diagrammes poids, puissance et coût par tonne et par kW.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS — SOUTENEMENT

IND. **D 2221** Fiche n. **64.870**

M.S. KING. Field studies of microseismic energy emission. *Etudes in situ de l'émission d'énergie microsismique.* — **Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1976, juin, p. 79/85, 13 fig.

Présentation des premiers résultats de 2 programmes de recherches concernant les niveaux de répartition des contraintes dans les piliers et la stabilité des vieux travaux d'une mine de potasse. Description de la sonde d'enregistrement des émissions microsismiques, qui fut mise au point et construite au laboratoire de mécanique des roches de l'Université de Saskatchewan. Elle consiste en un accéléromètre sensible (100 mV/g), de largeur de bande 2 Hz à 8 kHz, et mis en contact avec la paroi d'un trou de 41 mm de diamètre au moyen d'un piston actionné par un ressort ; amplification du signal de l'accéléromètre (gain de 40 dB) et le tout est placé dans un tube de 25,4 mm de diamètre. Enregistrement sur cassette. Il y a une relation en fonction du temps entre le nombre de microséismes et la contrainte moyenne des piliers. Possibilité de prévoir les chutes de toit dans les vieux travaux, mais d'autres données seront nécessaires pour prédire exactement le moment de la chute.

IND. **D 2223** Fiche n. **64.909**

B.N. WHITTAKER. Recording, treatment and interpretation of roadway deformation surveys. *Enregistrement, traitement et interprétation des mesures de déformation des voies.* — **The Mining Engineer,** 1976, juillet, p. 607/617, 4 fig., 1 tabl.

La standardisation des mesures de déformation des voies de taille, convergence, basée sur les dimensions initiales de la voie et reportée par point suivant la position du front de taille, est une méthode commode et intéressante pour comparer les voies dans des conditions et des situations différentes. Des exemples sont donnés pour montrer comment réaliser les mesures et comment traiter les résultats, pour donner une représentation graphique qui facilite la détermination des facteurs intervenant dans la déformation des voies. Exemples d'utilisation d'enregistrements des mesures de déformation pour montrer comment ceux-ci peuvent être utilisés dans les projets d'exploitation et dans le contrôle de l'exploitation.

IND. **D 233** Fiche n. **64.901**

G. HAZEN et L. ARTLER. Practical coal pillar design problem. *Problème pratique de dimensionnement d'un pilier de charbon.* — **Mining Congress Journal,** 1976, juin, p. 86/92, 7 fig.

Le toit de la veine de charbon Pittsburgh n° 8, dans l'est de l'état de l'Ohio, est constitué d'un banc calcaire de 3 à 4,5 m d'épaisseur. Exploitation par piliers abandonnés. Programme d'essais en laboratoire et in situ permettant de calculer les contraintes subies par les piliers, et établissement d'une formule permettant de calculer la charge s'exerçant sur le pilier. Les essais ont montré qu'un pilier est composé d'une zone interne à forte charge, entourée par une zone où le charbon a perdu son élasticité.

Biblio. : 7 réf.

IND. **D 47** Fiche n. **64.873**

R.W. JOHNS. Fixed arch method, apparatus and system for mining thick, flat lying mineral deposits. *Méthode d'exploitation de couches puissantes et horizontales de gisements minéraux à l'aide d'un soutènement en forme de cintre.* — **Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1976, juin, p. 124/131, 16 fig.

Remplacement du soutènement hydraulique d'une longue taille par un soutènement plus résistant et moins cher, placé jointivement et constitué de demi-cintres et d'une base, le tout en acier soudé et le profil formant caisson. La hauteur totale est de 3 m, la longueur totale de 1,80 m et la longueur intérieure de 1,42 m. Ces demi-cintres, placés tête à tête, peuvent former le soutènement d'une galerie de section ogivale. En taille, le côté extrados est situé du côté foudroyage et la base sert de plancher pour le convoyeur blindé sur lequel se déplace une haveuse ou toute autre abatteuse-chargeuse. Soutènement jonction voie-taille. Avancement des demi-cintres par vérins. Projet possible pour une exploitation de sable bitumineux.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. **E 1316** Fiche n. **64.935**

X. Continuous haulage methods designed to keep continuous mining continuous. *Méthodes de transport continues pour maintenir continue l'exploitation continue.* — **Coal Age,** 1976, juillet, p. 119/136, 15 fig.

Aux USA, 75 % des charbonnages utilisent encore le camion-navette, et on estime que ce type de transport évacuera encore 90 % de la production souterraine au cours des 5 prochaines années. Le transport continu est un objectif important de l'industrie charbonnière. Revue de certains types de transport continu : les systèmes convoyeur-pont mobile, le « Serpentine » (train de convoyeurs flexibles), le Varithrough system de la firme Dowty Meco, le système de la Cable Bell Ltd. Description du système central de télécommande et de contrôle Dynalink MK II, qui peut comporter jusque 217 stations extérieures, et qui exécute les tâches telles que contrôle de la marche des convoyeurs, stockage souterrain, broyeurs, pompes, ventilateurs, contrôle du méthane, etc... avec affichage clignotant et avertissement sonore à la station centrale, lors de n'importe quelle anomalie, et détermination de la cause par ordinateur, ce qui permet à l'opérateur de prendre les dispositions nécessaires. Trémie de stockage et convoyeur-accumulateur ; mise au point d'un système de contrôle automatique électromécanique et électro-hydraulique de la firme Cowlishaw Walker. Transport hydraulique du charbon : problèmes du nombre de pompes, de la liaison avec le mineur continu, etc...

IND. **E 26** Fiche n. **64.947**

D. WOLF. Gleislostechnik mit Dieselfahrzeugen in geringmächtigen Metallerz- und Schwerspatlagerstätten, ein auf den Steinkohlenbergbau übertragbares Betriebssystem ? *La technique du transport sans rails par engins Diesel est-elle un système transposable dans les charbonnages ?* — **Glückauf,** 1976, 20 mai, p. 582/590, 16 fig.

On discute, à l'heure actuelle, vivement de savoir si la mise en œuvre d'engins Diesel sans rails présente des avantages techniques et économiques dans les charbonnages et répond aux exigences de la sécurité au fond. Plusieurs commissions de planification s'occupent déjà des détails. La technique du transport sans rails par engins Diesel est employée à l'échelle internationale depuis plusieurs années pour l'exploitation des grands gisements de potasse et de minerais de fer. Dans les gisements moins importants, il a été beaucoup plus difficile de suivre cette évolution moderne. Des chargeuses à pelle à traction Diesel pour travaux souterrains limités ne sont offertes sur le marché que depuis 1970-1971. Par la suite, la technique du transport sans rails s'est développée extrêmement vite dans ce domaine d'exploitation minière. Il s'en est suivi une amélioration décisive, non seulement des divers processus de chargement et de déblocage, mais aussi du découpage de la mine. L'article donne un aperçu sur cette nouvelle évolution dans les mines métalliques et les mines de barytine de la « Sachtleben Bergbau GmbH ». On donne également des résultats pratiques qui peuvent contribuer par les réflexions qu'ils suggèrent à une introduction possible de cette technique dans les charbonnages.

Biblio. : 8 réf.

Résumé de la Revue.

IND. **E 53** Fiche n. **64.863**

N.P. CHIRONIS. Super communication system designed to enhance control of operations at Robena Mine. *Un système perfectionné de communication pour améliorer le contrôle de l'exploitation de la mine Robena.* — **Coal Age,** 1976, juin, p. 86/92, 12 fig.

Un nouveau système de téléphone à boutons-poussoirs, muni de dispositifs de contrôle d'aérage et de gaz, a été installé à la mine Robena. Ce système a été mis au point par la Collins Radio Group of Rockwell International et ce, à l'initiative de l'U.S. Bureau of Mines. Toutes les opérations se traitent par un câble unique coaxial semblable aux câbles employés en télévision. Ce système permet un nombre élevé de communications simultanées. La mise hors service et en service d'un appareil se fait rapidement, en quelques minutes. Tous les appareils sont munis d'une batterie de secours. Possibilité d'appel pour une personne ne se trouvant pas près d'un téléphone, si celle-ci est munie d'un récepteur de poche. Contrôle de la teneur en grisou, CO et débit d'air et affichage clignotant lorsque la teneur en CH_4 et CO excède les limites autorisées ou lorsque le débit d'air tombe en dessous d'une valeur minimale. Liaison avec le poste central en surface. Schéma général de l'installation.

F. AERAGE — ECLAIRAGE HYGIENE DU FOND

IND. **F 22** Fiche n. **64.924**

H. TOURNEUR. Dreijährige Betriebserfahrungen mit einer Methanmessanlage. *Trois années d'expérience d'exploitation avec une installation grisoumétrique.* — **Glückauf,** 1976, 6 mai, p. 493/495, 2 fig.

Description de l'installation de grisoumétrie Ex-Alarm BD 12. Analyse des résultats d'après la méthode Kepner-Tregoe. Certificats d'agrément. Domaines d'application. Expériences d'exploitation souterraine. Perspectives.

IND. **F 410** Fiche n. **64.936**

X. Bureau research finds better ways to reduce dust and improve ventilation. *L'US Bureau of Mines trouve de bons procédés pour réduire la concentration en poussières et améliorer la ventilation.* — **Coal Age,** 1976, juillet, p. 141/145, 6 fig.

L'indemnisation des travailleurs, due à la pneumoconiose, s'élève actuellement à 1 milliard de $/an et pourrait s'élever à 11 milliards de $ en 1981. Le programme de recherche de l'US Bureau of Mines est d'améliorer la technologie pour protéger les travailleurs contre les poussières. Détermination des divers paramètres — forme, espace, vitesse, profondeur et angle de coupe — des outils des machines d'abattage sur la production de poussières ; essais sur un micromineur. Amélioration de la ventilation des chantiers par aspiration des poussières à la tête de coupe. Collecteur de poussières sur une abatteuse Jeffrey 100 L. Pulvérisation d'eau sur les têtes de coupe, alimentation directe en eau à travers la tête coupante. Injection d'eau avant abattage. Application de mousse sur le front du chantier. Protection individuelle des travailleurs. Système de filtration d'air pour le conducteur du mineur. Mesure des poussières dans l'air.

IND. **F 60** Fiche n. **64.799**

C. JEGER. Etude des conditions de naissance des combustions spontanées dans les houillères françaises. — **Industrie Minérale. Mines,** 1976, n° 3, p. 116/140, 37 fig.

Travaux de laboratoire et enquête approfondie, de 103 combustions spontanées, auprès des exploitants, dans le but de connaître les conditions de gisement et d'exploitation ayant favorisé l'amorçage des combustions spontanées. Une distinction a été faite entre les combustions des massifs et des parements et celles d'arrière-tailles et d'anciens travaux. Caractéristiques sans rapport avec le risque de combustion : teneur en M.V. et en cendres, profondeur et pente des gisements, intensité moyenne de l'aérage. La susceptibilité de certains charbons, autres que les flambants, semble être liée à la teneur en pyrite ou en marcassite. Facteurs d'exploitation et d'aérage augmentant le risque de combustion : taille chassante ou semi-rabattante, faible vitesse moyenne d'exploitation. Localisation des incidents dans l'exploitation : feux de massifs et de parements — feux d'arrière-tailles et de vieux travaux ; examen des facteurs locaux statiques et des facteurs dynamiques favorisant la combustion spontanée. Synthèse de l'ensemble des conditions dont la conjugaison favorise la naissance des combustions spontanées et essai d'interprétation du rôle de certains de ces facteurs. Efficacité de la détection par mesure du CO. Prévention et lutte contre les feux. Résultats de l'étude sur la surveillance et sur la prévention des combustions spontanées.

IND. **F 60** Fiche n. **64.854**

S. PREGERMAIN. Essai à l'eau oxygénée pour caractériser l'aptitude des charbons à l'auto-échauffement. Application au cas de la veine St-Georges (unité de production de Valenciennes). — **Charbonnages de France. Publications Techniques,** 1976, n° 2, p. 105/114, 10 fig.

L'indice I de vitesse d'échauffement. La mise au point d'un calorimètre adiabatique a permis d'élucider le mécanisme de l'action des particules de pyrite dans les phénomènes d'auto-échauffement du charbon. Une limite de danger a été obtenue pour l'indice 1. Résultats obtenus avec le calorimètre pour des échantillons de la veine St-Georges : la vitesse d'échauffement augmente avec la concentration en pyrite de l'échantillon. L'échauffement le plus rapide a été obtenu avec un échantillon à 75 % de pyrite, mais la vitesse d'oxydation dépend beaucoup de la finesse des particules de pyrite. Justification de la méthode à l'eau oxygénée. Conclusion : en général, un charbon où $I > 10$ est dangereux. Observations pratiques. Conclusions : importance du rôle de la pyrite dans le déclenchement des combustions spontanées.

Résumé de la Revue.

H. ENERGIE

IND. **H 9** Fiche n. **64.887**

G. de MARSILY et J.P. DELHOMME. La géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Compte rendu des Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23 et 24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 311/314, 2 fig.

L'objet essentiel des Journées était d'étudier les possibilités de la géothermie basse énergie ; on donne cependant quelques indications sur la géothermie haute énergie. L'ensemble embrasse les problèmes d'ordre géologique, technique, législatif, administratif, thermique et économique.

IND. **H 9** Fiche n. **64.888**

P. MAGET. Les ressources géothermiques basse énergie en France. Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23 et 24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 318/325, 8 fig.

Les ressources géothermiques dites de « basse énergie » sont localisées dans les formations aquifères profondes, l'eau étant à la température de la roche qui la renferme. Les roches magasins sont essentiellement de 2 types lithologiques : 1. grès ou sable, roches détritiques post-orogéniques que l'on trouve en bordure des massifs anciens érodés ; 2. calcaires à structure vacuolaire qui se sont déposés dans les mers chaudes et dans les zones à courant. Les principaux bassins où l'on peut trouver de l'eau chaude sont : le bassin parisien, l'Aquitaine et l'Alsace. A ces grandes unités nous pouvons ajouter les « fossés » et petits bassins : la Limagne, la Bresse, le couloir rhodanien et le Roussillon. Etude de ces bassins.

IND. **H 9** Fiche n. **64.889**

B. GIRAUD. Les droits et devoirs du géothermicien. Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23-24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 326/331, 2 fig.

Ce texte met en lumière le sens du projet de loi, actuellement en discussion à l'Assemblée Nationale, qui rattache l'exploitation géothermique au code minier. Géothermie et code minier : droits et devoirs du prospecteur et de l'exploitant. Régime juridique de la géothermie à haute température : la similitude des gîtes à haute température avec les mines usuelles permet d'appliquer le code minier tel quel. Régime juridique de la géothermie à basse température : critères pour distinguer les 2 catégories de gîtes — les titres miniers concernant la géothermie à basse température seront donc attribués par arrêté préfectoral. En annexe, extrait du projet de loi portant modification du code minier en matière de géothermie.

IND. **H 9** Fiche n. **64.890**

G. de MARSILY. Exploitation et gestion des réservoirs géothermiques. Résumé des Communications des Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23 et 24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 332/335, 1 fig.

La position du problème est la réinjection de l'eau pour 2 raisons : les eaux géothermales sont généralement salées et ne peuvent être réinjectées dans le réseau de surface et le maintien de la pression dans le gîte. Conséquences de cette réinjection : 1. deux forages (doublet géothermique) ; 2. interposition d'un échangeur entre l'eau géothermale et le fluide intermédiaire de chauffage ; 3. refroidissement du gîte suite à la réinjection, ce qui pose le problème de gestion, consistant à prévoir l'évolution des températures afin d'optimiser le taux de récupération des calories dans le gîte, et on dispose de 2 paramètres de décision : écartement à donner aux 2 forages et périmètre de protection du doublet (exemple du Dogger de la région parisienne) ; 4. détermination du comportement thermique du gîte par une modélisation mathématique ; 5. problèmes importants de corrosion des installations due à la qualité médiocre des eaux géothermales. Equipement classique d'un doublet. Coût du forage et de l'équipement d'un doublet à 1800 m : 6 millions de FF. Evaluation du « risque géologique » d'échec.

IND. **H 9** Fiche n. **64.891**

B. CHATEAU. La géothermie basse énergie dans le contexte énergétique actuel. Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23-24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 339/343.

Analyse du point de vue économique de l'énergie géothermique basse température sous l'angle macro-économique qui intéresse la collectivité nationale et met en balance les différentes sources possibles de notre approvisionnement en énergie. Macro-économie et système énergétique. Le programme nucléaire et le retour à l'indépendance. Possibilités et limites du développement de la géothermie basse température. Conclusion.

IND. **H 9** Fiche n. **64.895**

J.P. MUNIER-JOLAIN. Géothermie haute température. Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23-24 juin, 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 368/372, 2 fig.

Expérience mondiale actuelle et caractères principaux de la géothermie haute température (au-delà de 180°C). Principales réalisations de ces 5 dernières années aux USA, Mexique, Amérique Centrale, Philippines, Japon, France métropolitaine et Outre-Mer, etc... où des centrales électriques sont ou vont être installées.

IND. **H 9** Fiche n. **64.896**

Y. BOTTINGA et V. COURTILLOT. Le transfert d'énergie thermique à travers l'écorce terrestre. Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23et 24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 373/376, 4 fig., 1 tabl.

Etude des transferts d'énergie thermique à travers l'écorce terrestre (programme de l'Institut Français d'Astronomie et de Géophysique). Le transfert de la chaleur à travers la croûte terrestre : description des 2 mécanismes de convection et de conduction où la convection domine car les roches sont de bons isolants thermiques. Les techniques actuelles ne permettent de mesurer que le flux de chaleur par conduction. Le flux de chaleur en France.

IND. **H 9** Fiche n. **64.892**

G. de MARSILY. L'installation de chauffage géothermique. Résumé des communications présentées aux Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23-24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 345/348, 2 fig., 1 tabl.

Mise en évidence de quelques contraintes : échangeur de chaleur, régulation de la température de l'eau circulant dans les radiateurs. Types d'installations envisageables et modes de chauffage. Offres lancées aux bureaux de chauffage en leur demandant de : définir et évaluer le système optimal de chauffage à retenir avec fourniture d'eau chaude sanitaire, indiquer le nombre de logements pouvant être chauffés et une étude comparative (coût et dépenses de fonctionnement) avec un système classique. Idées générales sur le chauffage géothermique. Conclusion.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES

IND. **I 04** Fiche n. **64.939**

D.E. JENKINSON. Coal preparation developments in the United Kingdom. *Développements dans le traitement du charbon au Royaume-Uni.* — **World Coal,** 1976, août, p. 37/40, 5 fig.

La mécanisation de l'abattage et l'emploi de l'eau pour la lutte contre les poussières ont créé de nombreux problèmes de lavage : plus de fines, charbons plus sales et plus humides. Développement de nouvelles techniques de lavage du charbon. Criblage : crible rotatif vibrant, crible chauffant, crible avec soufflage d'air, dépoussiéreur à air chaud. Séparateur centrifuge à milieu dense et production de mixtes pour les centrales. Flottation par mousse pour les schlamms. Egouttage des schlamms flottés par filtration sous vide avec adjonction de vapeur (la teneur en eau a été diminuée de 6 à 8 %). Epaississement des schistes par cône profond de décantation avec des floculants polyélectrolytes à poids moléculaire élevé, donnant à la pointe du cône un produit contenant jusque 65 % de matières solides. Automatisation de la préparation des floculants et du lavoir en général.

IND. **I 24** Fiche n. **64.875**

P. PISO et L. ABRAHAM. Prévision des performances d'un classificateur Lavodune par utilisation des courbes de partage. — **Industrie Minérale. Minéralurgie,** 1976, juin, p. 37/43, 5 fig., 4 tabl.

Le sable kaolineux d'Aghires (Roumanie) est valorisé grâce à la technologie de la firme Venot-Pic et est classé à l'aide d'appareils « Lavodune », mis au point par Sogreah. Le sable 0,2-0,4 mm contient encore trop de + 0,4 mm. On a effectué des essais semi-industriels de retraitement pour réduire ce contenu en surclassé. Ce retraitement s'est révélé possible grâce à la faible imperfection de l'appareil, inférieure à 0,1 qui le place parmi les classificateurs les plus sélectifs. On note toutefois que, pour des dimensions de séparation comprises entre 0,3 mm à 0,45 mm, l'écart probable de la séparation a tendance à croître à mesure que cette dimension de séparation s'élève. Méthode de prévision des rendements et de la qualité des produits qu'on espère obtenir par traitement au Lavodune d'un sable de caractéristiques données, par utilisation des courbes de partage et grâce à la connaissance des variations de l'écart probable en fonction de la dimension de séparation.

Biblio. : 4 réf.

IND. **I 60** Fiche n. **64.911**

A. LE PAGE et F. POLLARD. Developments in coal preparation research. *Développements dans la recherche sur la préparation du charbon* — **Mine and Quarry,** 1976, juin, p. 32/40, 1 fig.

Travaux réalisés par l'Australian Coal Industry Research Laboratories Ltd (ACIRL) dans ses stations de recherches sur la préparation du charbon comme la filtrabilité d'une mousse, l'élimination des schlamms fins, la floculation des schistes et schlamms, les performances de nouveaux procédés, etc... Pour ce faire, l'ACIRL dispose de 2 stations de recherches

avec laboratoires annexes qui servent également pour la recherche fondamentale. Ces stations se trouvent, l'une dans le New South Wales et, l'autre, dans le Queensland. Equipement des stations de recherches : broyeur jusque 30 mm, crible de reclassement (30 × 12 mm — 12 × 6 mm — 6 × 3 mm — et possibilité d'éliminer le moins de 0,5 mm par criblage sous eau), cyclones à milieu dense, flottation à la mousse, table Deister, cyclone pour les schlamms, cellules de flottation, etc...

Y. CONSTITUTION, PROPRIETES ET ANALYSE DES COMBUSTIBLES SOLIDES FOSSILES

IND. **Y 21** Fiche n. **64.871**

J. KOWALSKI et M.E. HOLTER. Coal analysis from well logs. *Analyse des gisements de charbon par relevés de sondages.* — **Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1976, juin, p. 99/103, 13 fig., 1 tabl.

« Well logging » est une méthode de mesures des propriétés des roches qui sont traversées par un sondage. Les roches sont soumises à des stimulations variées et les relevés sont enregistrés à la surface. Les enregistrements obtenus sont traités par ordinateur. Quatre relevés principaux : 1. Relevé de densité : source radioactive Cs 137 émettant des rayons gamma. 2. Relevé acoustique : vitesse des ondes et temps de passage. 3. Relevé de résistivité : par induction car, lorsque la résistivité des roches change, il y a changement dans le champ d'induction. 4. Relevé neutronique : mesure de la teneur en hydrogène suite à un bombardement radioactif. En plus de ces 4 relevés, il y a le relevé par rayon gamma pour mesurer la radiation naturelle (isotopes de potasse, thorium et uranium) et relevé par calibrage pour mesurer le diamètre du sondage et déceler les parties érodées. Actuellement pour le charbon, les relevés acoustique et de densité sont les meilleurs, et les résultats portés sur un graphique permettent le calcul des teneurs en carbone, cendre et humidité. Trois exemples.

Biblio. 6 réf.

M. COMBUSTION ET CHAUFFAGE

IND. **M 4** Fiche n. **64.893**

R. AUREILLE et D. LAMETHE-PARNEIX. Amélioration de la rentabilité de la géothermie grâce à l'utilisation des pompes à chaleur. Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel. Paris, 23 et 24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 349/355, 14 fig.

Intérêt de refroidir l'eau de chauffage des retours lorsque celle-ci revient à une température élevée (par exemple 70°C), de façon à prélever un maximum de calories géothermiques. Définition des pompes à chaleur. Notions générales sur les pompes à chaleur à compression. Les pompes à chaleur dans les systèmes de chauffage géothermique. Chauffage de locaux à partir de la géothermie : méthode.

Biblio. : 2 réf.

IND. **M 4** Fiche n. **64.894**

M. VILLAUME et C. NOWAKOWSKI. Efficacité globale des installations utilisant l'énergie géothermique. Influence des systèmes intérieurs. Journées d'information sur l'emploi de la géothermie dans le chauffage domestique et industriel, Paris, 23 et 24 juin 1975. — **Industrie Minérale,** 1976, juillet, p. 356/361, 8 fig.

L'étude porte sur les problèmes posés par l'utilisation des eaux géothermales en vue du chauffage des locaux d'habitation. Il est proposé une méthode d'analyse économique qui peut s'appliquer à d'autres types d'utilisation. Cette méthode consiste à calculer d'abord un paramètre E, appelé efficacité géothermique, puis à utiliser directement cette grandeur pour l'analyse de la rentabilité et l'optimisation de l'installation.

IND. **M 6** Fiche n. **64.941**

J.E. KRUGER. Fly ash in South Africa. Something must be done. *Cendres volantes en Afrique du Sud. Il faut faire quelque chose.* — **Coal, Gold and Base Minerals,** 1976, juin, p. 73/79, 3 tabl.

La production des cendres volantes est très importante en Afrique du Sud et s'élève à 4 Mio.t/an. Le stockage est un problème important pour les centrales électriques et se fait, soit en terril, soit en bassin ou, pour le remblayage des travaux, dans les charbonnages. Les frais de transport (hydraulique) s'élèvent à 5 à 8 cents/t, mais les frais de 1er établissement sont élevés. Composition des cendres volantes qui contiennent principalement du SiO_2 (44 à 54 %), Al_2O_3 (30 à 37 %) et du CaO (6 à 10 %). Utilisation possible des cendres volantes pour la fabrication de briques, céramique, laine minérale, ciment.

Biblio. : 11 réf.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE

IND. **Q 1141** Fiche n. **64.943**

H. HARNISCH. Notwendige Entwicklung moderner Bergwerke im Ruhrrevier. *Développement indispensable de sièges d'exploitation modernes en Ruhr.* — **Glückauf,** 1976, 20 mai, p. 549/554, 5 fig., 3 tabl.

La productivité doit être améliorée par une nouvelle augmentation des capacités d'extraction des sièges, qui devraient être de 10.000 à 12.000 t/jour avec des pointes de 20.000 t/jour et cela, grâce à l'amélioration des services annexes en dehors des tailles par une rationalisation des chantiers d'abattage et par une augmentation de la production en taille pour arriver à 2500 t/jour/taille. Cela comporte un nouveau découpage, l'organisation de grands sièges d'exploitation comportant des unités de production indépendantes au point de vue aérage et descente du personnel et du matériel. Ce développement paraît réalisable grâce à l'évolution de la technique et à la mise au point de nouveaux procédés d'abattage et de transport du charbon. Les sièges d'exploitation modernes sont une condition préalable pour la compensation des charges qui ont continuellement augmenté durant ces dernières années, et aussi pour permettre à la productivité de continuer d'augmenter.

Biblio. : 5 réf.

IND. **Q 1141** Fiche n. **64.944**

W. SCHMIDT-KOEHL. Betriebskonzentration im Saarbergbau. *Concentration des travaux dans les charbonnages de la Sarre.* — **Glückauf,** 1976, 20 mai, p. 555/564, 12 fig., 2 tb.

Dans les domaines de concentration des travaux et de rationalisation des charbonnages sarrois, des progrès importants ont été réalisés de 1957 à 1975, mais ils ne sont pas encore terminés et devront continuer. Il ne faut pas s'attendre à l'avenir à des améliorations aussi importantes que celles réalisées durant la période antérieure. Le gisement peut être exploité totalement à partir des 6 sièges en activité et les capacités actuelles des installations sont suffisantes pour répondre à une demande de production nettement plus élevée. Les objectifs de concentration et de rationalisation ont été atteints d'abord dans le domaine de l'abattage et encore d'une façon limitée à un certain nombre de chantiers de pointe. Dans les autres domaines des travaux en taille et en dehors des tailles, il reste encore beaucoup à faire. L'augmentation de la productivité repose principalement sur la possibilité de disposer d'un personnel ayant bénéficié d'une bonne formation et motivé par son désir de faire du rendement. Dans les dépenses consacrées aux nouvelles techniques, il faudra consentir une part croissante à l'amélioration des conditions ergonomiques. Ces dépenses financières seront importantes et ne pourront être faites que grâce à de nouvelles concentrations dans les travaux, à une nouvelle augmentation de la productivité et à une rationalisation intensifiée.

Biblio. : 18 réf.

IND. **Q 117** Fiche n. **64.904**

K. WHITWORTH. Oil from coal factory obtains supplies from its own mine at Sigma. *L'usine de conversion charbon-pétrole est alimentée par sa propre mine de Sigma.* — **World Coal,** 1976, juillet, p. 35/39, 6 fig. 1 tabl.

Le gisement de Sigma se trouve à l'ouest et au sud-ouest de Sasolburg (Etat d'Orange), il s'étend sur 30 km au sud du fleuve Vaal. Le charbon a une teneur en cendre pouvant aller jusque 35 % et le pouvoir calorifique est peu élevé (20.000 joules/g). L'exploitation se fait principalement par chambres et piliers dont la distance entre centres varie de 17 à 27 m, suivant l'épaisseur du toit ; personnel et équipement. Introduction récente de la méthode d'exploitation par longue taille (coût 4 millions de rands) avec panneaux de 200 m × 1000 m ; soutènement bouclier Ferromatik et abattage par haveuse Anderson Mavor à 2 tambours. La mine est desservie par 7 puits. Le débit d'air total est de 442 m^3/s : chaque section a un débit minimum de 30 m^3/s et chaque taille a un débit minimum de 0,7 m^3/s. Formation du personnel à tous les niveaux.

IND. **Q 1152** Fiche n. **64.914**

O. GASSER. Der Bergbau Österreichs. *L'industrie minière en Autriche.* — **Glückauf,** 1976, 6 mai, p. 449/457, 9 fig., 2 tabl.

L'importance de l'industrie minière autrichienne ; la valeur de la production est de 10,5 milliards de schillings, dont 45,6 % pour le pétrole et le gaz naturel, 36,2 % pour les produits minéraux, 8,2 % pour le charbon, 7,9 % pour les minerais métalliques et 2,1 % pour le sel gemme et les saumures. Les gisements autrichiens, répartition géographique. Organisation et découpage des exploitations. Les différents secteurs miniers. Le nouveau code minier. La surveillance de l'Administration. Les centres de formation et de recherche. Perspectives d'avenir de l'industrie minière autrichienne.

IND. Q 117 Fiche n. **64.905**

K. WHITWORTH. South Africa's newest and biggest mine feeds power station. *La nouvelle et la plus grande mine d'Afrique du Sud alimente une centrale électrique.* — **World Coal,** 1976, juillet, p. 43/45, 3 fig.

La mine de Kriel, actuellement en développement, fournira à partir de 1980, 8,5 millions de t de charbon à la nouvelle centrale de 3000 MW. L'exploitation du charbonnage a commencé en mai 1975. Les exploitations souterraines fourniront annuellement 4 millions de t et seront complétées, en 1978, par 2 exploitations à ciel ouvert, utilisant des draglines Bucyrus Eric de 1570 W, donnant une production de 4,5 millions de t. Seule la couche n° 4 à 60 m de profondeur, est exploitée souterrainement. Elle a une ouverture de 4,5 m à 5 m, mais seuls 3,5 m sur 6 m de charbon sont pris, le reste de qualité inférieure est laissé au toit. La teneur moyenne en cendre est de 20,4 %, la teneur en matières volatiles est de 20,3 % et le pouvoir calorifique est de 23,5 mégajoules/kg. La méthode d'exploitation est celle par chambres (6,5 m de largeur) et piliers (15 m de centre à centre) avec récupération ultérieure de ceux-ci. Transport sans rail et boulonnage du toit. Essais avec mineur Marietta sur une hauteur de 2,55 m, pour déterminer les possibilités d'utilisation d'une haveuse-chargeuse sur une hauteur de 3,50 m. De l'emploi de ces abatteuses-chargeuses, on attend une amélioration de la productivité. Dans les exploitations à ciel ouvert, reconstitution des sols.

IND. Q 124 Fiche n. **64.955**

M.A. OTAIBA. Evolution du système du prix du pétrole. (T. fr. & angl.). — **Revue de l'Energie,** 1976, juillet-août, p. 357/365.

Extrait de « OPEC and the Petroleum Industry », ouvrage dans lequel le Ministre du Pétrole de la Fédération des Emirats Arabes rappelle la genèse et le développement de l'OPEC et présente des vues intéressantes sur certains objectifs. Le chapitre (n° 12) présenté est consacré à la mise au point d'un système de prix pour le pétrole brut dont il semble qu'il soit fortement monopolitique et manipulé administrativement malgré l'existence d'éléments compétitifs. Il est possible, dans ces conditions, de concevoir une formule de prix. Présentation des différentes études pour cette formulation. En conclusion, la détermination du prix du pétrole brut doit être fondée sur une base scientifique susceptible de définir clairement la politique à adopter à l'avenir. Le succès d'un système de détermination des prix dépend essentiellement de la capacité des pays concernés à les respecter et cette structure doit être associée à un programme de production.

IND. Q 130 Fiche n. **64.898**

J.A. BARCLAY et F.A. PETERS. New sources of alumina. *Des nouvelles sources d'alumine.* — **Mining Congress Journal,** 1976, juin, p. 29/32, 7 fig., 1 tabl.

Les USA importent 90 % de bauxite et, suite à l'augmentation des taxes sur ce minerai et à la création de l'Association Internationale de Bauxite, ils examinent la possibilité d'exploiter les minerais domestiques non bauxitiques qui contiennent moins d'Al_2O_3 (27 à 38 % contre 47 % pour la bauxite), ce qui augmente le prix de l'aluminium. Revue des divers procédés de traitement des minerais non bauxitiques : procédés de traitement de l'argile (38 % Al_2O_3) à l'acide nitrique, à l'acide chlorhydrique, à l'acide sulfureux et à l'acide sulfurique. Procédés de traitement de l'anorthosite (27 % Al_2O_3), de l'alunite (37 % Al_2O_3) et de la dawsonite (35 % Al_2O_3). Flowsheet de certains procédés. Actuellement, il n'est pas possible de prédire quel procédé sera commercialement rentable.

IND. Q 132 Fiche n. **64.915**

R. HOFFNER. Der Bergbau Schwedens. *L'industrie minière en Suède.* — **Glückauf,** 1976, 6 mai, p. 457/466, 7 fig., 2 tabl.

Historique de l'industrie minière suédoise qui remonte à plus de 1000 ans. Les bassins miniers suédois, plus spécialement les gisements ferrifères du nord de la Suède, les gisements de pyrite de Skelleftea et les gisements de Bergslagens. Les activités des principales entreprises minières : LKAB, Boliden AB, Gränges AB, Stora AB, Bologet Vieille Montagne et Ställbergs Grufve AB.

Biblio. : 13 réf.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

ORGANE OFFICIEL

de l'Institut National des Industries Extractives et de l'Administration des Mines

---

Editeur : EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES
rue Borrens 35-43 - 1050 Bruxelles - Tél. (02) 640 10 40

NOTICE

Les « Annales des Mines de Belgique » paraissent mensuellement. En 1976, 1128 pages de texte, ainsi que de nombreuses planches hors texte, ont été publiées.

L'Institut National des Industries Extractives assume la direction et la rédaction de la revue. Celle-ci constitue un véritable instrument de travail pour une partie importante de l'industrie nationale en diffusant et en rendant assimilable une abondante documentation :

1) Des statistiques très récentes, relatives à la Belgique et aux pays voisins.

2) Des mémoires originaux consacrés à tous les problèmes des industries extractives, charbonnières, métallurgiques, chimiques et autres, dans leurs multiples aspects techniques, économiques, sociaux, statistiques, financiers.

3) Des rapports réguliers, et en principe annuels, établis par des personnalités compétentes, et relatifs à certaines grandes questions telle que la technique minière en général, la sécurité minière, l'hygiène des mines, l'évolution de la législation sociale, la statistique des mines, des carrières, de la métallurgie, des cokeries, des fabriques d'agglomérés pour la Belgique et les pays voisins, la situation de l'industrie minière dans le monde, etc...

4) Des traductions, résumés ou analyses d'articles tirés de revues étrangères.

5) Un index bibliographique résultant du dépouillement par INIEX de toutes les publications paraissant dans le monde et relatives à l'objet des Annales des Mines.

Chaque article est accompagné d'un bref résumé en français, néerlandais, allemand et anglais.

* * *

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

OFFICIEEL ORGAAN

van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven en van de Administratie der Mijnen

Uitgever : EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES
Borrensstraat, 35-43 - 1050 Brussel - Tel. (02) 640 10 40

BERICHT

De Annalen der Mijnen van België verschijnen maandelijks. In 1976 werden 1128 bladzijden tekst alsmede talrijke tabellen buiten tekst gepubliceerd.

Het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven neemt de taak van het bestuur en de redactie van het tijdschrift op zich. Dit laatste vormt een wezenlijk arbeidsinstrument voor een groot aantal nationale bedrijven dank zij het verspreiden en het algemeen bruikbaar maken van een zeer rijke documentatie :

1) Zeer recente statistieken betreffende België en de aangrenzende landen.

2) Originele memories, gewijd aan al de problemen van de extractieve nijverheden, de kolen- en de ijzer- en staalnijverheid, de chemische nijverheid en andere, onder haar veelvoudige technische, economische, sociale, statistische en financiële aspekten.

3) Regelmatige verslagen — principieel jaarlijkse — opgesteld door bevoegde personaliteiten, betreffende bepaalde grote problemen zoals de mijntechniek in 't algemeen, de veiligheid in de mijnen, de mijnhygiëne, de evolutie van de sociale wetgeving, de statistiek van de mijnen, van de groeven, van de ijzer- en staalnijverheid, van de agglomeratenfabrieken voor België en aangrenzende landen, de toestand van de steenkolennijverheid over de gehele wereld enz.

4) Vertalingen, samenvattingen of ontledingen van aan buitenlandse tijdschriften ontleende artikelen.

5) Een bibliografische inhoudsopgave, opgesteld na grondig onderzoek van alle publicaties ter wereld die betrekking hebben op de door de Annalen der Mijnen behandelde onderwerpen.

Elk artikel wordt voorafgegaan van een beknopte samenvatting in 't Frans, in 't Nederlands, in 't Duits en in 't Engels.

* * *

N.B. — *Men abonneert zich door de som van 1.733 F (BTW inbegrepen) (1.860 BF voor het buitenland) over te schrijven op de postrekening nr 000-0104829-69 van « Editions Techniques et Scientifiques », Borrensstraat 35-43 te 1050 Brussel.*

Alle abonnementen nemen aanvang van 1 januari af.

Men bekomt, kosteloos en op aanvraag, de publiciteitstarieven alsmede een proefaflevering.

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel